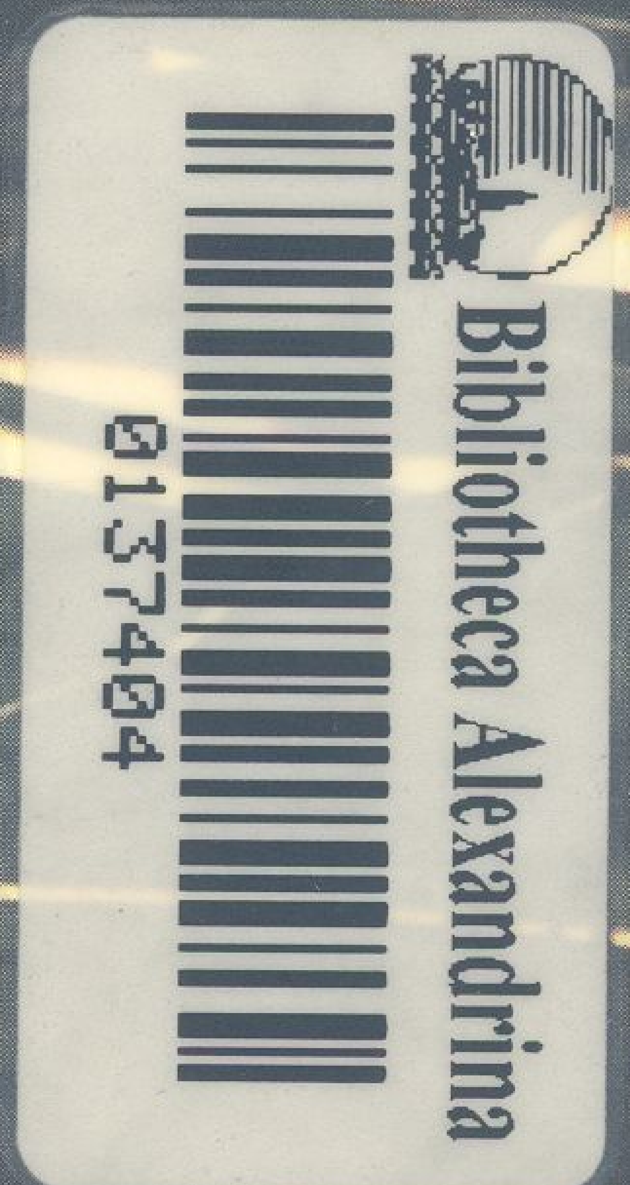
هندسة السيطرة على المياه

تأليف
المهندس ثعبان كاظم خضير





هندسة السيطرة على المياه

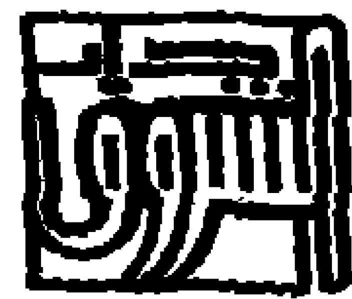
(الفيضانات)

هندسة السيطرة على المياه

[الفيضانات]

تأليف

المهندس شعبان كاظم خضير



1998

رقم التصنيف: 627.4

المؤلف ومن هو في حكمه: ثعبان كاظم خضير

عنوان الكتاب: هندسة السيطرة على المياه

الموضوع الرئيسي: 1- العلوم التطبيقية

2- هندسة المياه

رقم الإيداع: 1998 / 6 / 1019

بيانات النشر: عمان: دار الشروق

● تم إعداد بيانات الفهرسة الأولية من قبل المكتبة الوطنية

ردمك ISBN 9957 - 00 - 006 - 3

● هندسة السيطرة على المياه.

● ثعبان كاظم خضير.

● الطبعة العربية الأولى، الإصدار الأول 1998.



دار الشروق للنشر والتوزيع

هاتف: 4618190 / 4618191 / 4624321 فاكس: 4610065

ص.ب: 926463 الرمز البريدي: 11110 عمان - الاردن

■ التوزيع في فلسطين:

دار الشروق للنشر والتوزيع

رام الله - المنارة - الشارع الرئيسي

التنضيد (باسمة حجازي)، الاشراف الفني: (محمد أيوب)

■ التنضيد والاخراج الداخلي وتصميم الغلاف وفرز الألوان و الأفلام:

الشروق للدعاية والإعلان والتسويق / قسم الخدمات المطبعية

هاتف: 4618190/1 فاكس 4610065 / ص.ب. 926463 عمان (11110) الأردن

تاريخ الصدور: آب / أغسطس 1998

المحتويات

الفصل الأول – المدخل

الفصل الثاني – الدراسات والتحريات

الفصل الثالث – اعمال السيطرة في مناطق التغذية

الفصل الرابع– السدود والخزانات الكبيرة

الفصل الخامس – السداد الترابية

الفصل السادس- تحسين مجرى الانهار

الفصل السابع - اعمال السيطرة في موسم الفيضان

مقدمة

اهتم الانسان منذ القدم بالمياه انطلاقاً من واقع حياته اليومية، فكان يقدسها: طمعاً، باعتبارها مصدر الحياة، من ناحية، وخوفاً، باعتبارها خطراً على الحياة، من ناحية اخرى. فقبل (50) آلف سنة تحدثنا اسطورة الاله (آدآد Adad) أن البابليين في وادي الرافدين اعتبروه اله المطر، اساس الحياة، من جهة ، واله الاعاصير المدمرة (عندما يغضب) من جهة أخرى. واعتبر المصريون القدامى «الإله منيس (Menes)» حاملاً مياه النيل، يمنع طغيانها وخطرها، او أنه يطلقها للدمار عند الغضب. كما اعتبر الاغريق ان الآلهة هي التي تتحكم بالمياه وتسخرها لاجل الحياة او الدمار. ويحدثنا القرآن الكريم عن طوفان نوح عليه السلام، وانه جاء نتيجة لغضب الله سبحانه وتعالى على قوم نوح اذ لم يستجيبوا لدعوته.

ويبدو أن الانسان القديم كان يعتقد ان المياه مسخرة بقوة خارجية غير محدودة تصعب السيطرة عليها ولا جدوى من مقاومتها. واستسلم لها دون ان يحاول ايجاد او تطوير اساليب خاصة لدفع خطرها. ومما يؤيد ذلك هو إن الانسان بادر من ساعته الى اختراع الاسلحة التي تقيه شر اعدائه التقليديين من البشر والحيوانات المفترسة والامراض، واجهد نفسه على مر العصور في تطوير تلك الاسلحة، وقد وصل به الامر الى أن يموت بعض ابناء جنسه جوعاً وهو يصرف الاموال الطائلة بسخاء على تلك الاسلحة دون اكتراث، ويبخل بالصرف على وسائل مكافحة الفيضان رغم أنه عدو قد لازمه منذ وجد على الأرض .

فاذا كان الانسان القديم معذوراً في ذلك لبدائيته وقلة امكانياته، فما بال الانسان المعاصر؟

في أوائل عام (1997) حدثت فيضانات في خمس ولايات امريكية، اعلنت ثلاث منها بأنها منكوبة واحتلت المياه اجزاء واسعة منها ودمرت قرى وممتلكات وفقد عدد من السكان. فماذا كانت الاجراءات الوقائية والدفاعية هناك؟! ترى لو ان مواطناً امريكياً اختطف او قتل في ناحية نائية من العالم فما هو مستوى الاجراءات التي تتخذها الولايات المتحدة ؟!

وفي شهر آب من عام (1997) حدثت فيضانات في ألمانيا احتلت اجزاء واسعة من أراضيها ومدنها واهلكت العديد من سكانها ودمرت الكثير من معالم حضارتها، فماذا كانت ردود فعل الدولة هناك؟ انها لم تكن سوى اجراءات فوضوية غير منظمة نفذها عدد من المتطوعين العسكريين والمدنيين، في حين نسأل ماذا عملت الحكومة الالمانية مع الحلفاء في الحروب العالمية؟. وماذا عن الفيضانات في اليونان وايطاليا وفرنسا وبريطانيا والصين وكندا وتايلند؟. وقد يطمئن البعض باعتباره غير معنياً بذلك لانه ليس لديه انهار أو جبال او وديان

تفيض بالمياه. فما هو شعوره لو علم أن ضحايا الفيضان في عمان/الاردن وحدها في الموسم الشتوي الماضي هو اربعة افراد من بينهم طفلان ، ناهيك عن الخسائرفي الطرق والجسور والممتلكات؟!.

من هنا تبدو الحاجة الى كتاب كهذا، ولا أدعي أني قد وفيت البحث الشامل في هذا الموضوع، ولكني حاولت- جهدي - أن أحقق إسهامة يمكنها - على تواضعها- أن تقدم بعض الفائدة.

وليس من الانصاف أن أنسى الإشادة بالجهود المخلصة والاسهامات الكريمة لكل من وقف معي في انجاز هذا الكتاب واخص بالذكر منهم الاستاذ محمد أيوب لجهوده المخلصة في ظهور الكتاب بشكله النهائي هذا.

كما اتوجه بالشكر لكل من أغنى الكتاب بالملاحظات والنصح المخلص ، وآمل ان أكون قد وفقت.

والله من وراء القصد

المؤلف

الفصل الأول

المدخل

1-1 مقدمة

اذا اريد انجاز عمل معين فإن العادة الجارية هي تهيئة المستلزمات والمواد والآلات التي تساهم في انجاز العمل. حيث يقوم رب العمل باجهاد نفسه في جمع كل ما يتطلبه العمل من مواد وايدي عاملة ومعدات ويحسب ذلك بكل ما يستطيع من دقة وأفضل ما يكون من مستلزمات متوخياً بذلك انجاز العمل بأحسن صورة.

الا ان رب العمل قد ينسى عاملاً مهماً بل ربما يكون العامل الرئيسي الذي يحدد نسبة نجاح العمل او فشله. وهذا العامل هو الاستعداد النفسي ومدى اندفاعه وغيره من الذين سينفذون العمل. وقد يفشل العمل، وتأتي البحوث والدراسات لتقديم اسباب الفشل، ولا تجدها لان مستلزمات النجاح (بنظر رب العمل) كانت متوفرة على أحسن ما يرام واخيراً يبرز الفشل بشكل أو بآخر بعيداً عن الحقيقة وهي عدم وجود الاندفاع الذاتي وحب العمل من قبل العاملين. وكذا الحال بالنسبة لاعمال السيطرة على الفيضان قد لا تؤدي الى نتيجة مرضية اذا لم يتوفر الاندفاع الذاتي وحب العمل باعتباره عملاً إنسانياً يتطلب ادراكاً ووعياً عاماً بخطورة الفيضان.

وقد خصص هذا الفصل للبحث في اذكاء الشعور بالمسؤولية وتنمية الاستعداد النفسي والاندفاع الذاتي لدى «الانسان المعاصر» لكي يعطف جزءاً من اهتمامه نحو الفيضان أسوة بغيره من ميادين الحياة التي اعطاها من وقته وماله واهتمامه اكثر مما ينبغي متناسياً ميدان الفيضان. وما جاء في هذا الفصل يعتبر محاولة لزيادة الوعي العام عن ماهية الفيضان ومدى خطورته، وان لم يتضمن طرقاً فنية للسيطرة على الفيضان فان هذا الفصل يعتبر من أهم ميادين البحث في هذا الكتاب!

2-1 طبيعة المواجهة مع الفيضان

يقال ان (عدو قاتل خير من صديق جاهل)، قد يشك البعض في صحة هذه المقولة، ولكن اذا قيل (عدو عاقل خير من عدو جاهل) فأن الشك في صحتها حينئذ في غير محله بل ان التصديق بها أولى من الشك فيها.

ولا نتجرأ ونصف المياه بأنها عدو أو خصم جاهل ينبغي مواجهته لانها رحمة ونعمة من نعم الله سبحانه وتعالى بل هي مصدر الحياة ﴿وجعلنا من الماء كل شيء حي﴾ – القرآن الكريم–، إلا إن عملية تراكم المياه وخروجها عن سيطرة الانسان هي العدو او الخصم الجاهل الذي يتحتم مواجهته. وفيما يلي عدد من مميزات الفيضان التي تميزه عن غيره من خصوم الانسان والتي تزيد من خطورته:–

1– كما مرّ فأن الفيضان ليس من ذوات العقول ليتسنى معرفة غاياته وقوته وتواجده بناءاً على درجة إدراكه.

2– إن الفيضان لم يكن خصماً ماثلاً امام العين فهو غير موجود وغير محسوس الا عند وقوعه حيث تصعب السيطرة وتجنب الخطر. (فاذا كان اشد الغازات السامة خطراً هو الغاز السام عديم اللون والرئحة) لعدم الاحساس به فلم لا يكون الفيضان اشد الخصوم خطراً.

3– بناء على عدم عقلانية الخصم فان امكانية التفاوض مع الفيضان لانهاء النزاع سلمياً غير ممكنة.

4– لا يمكن الاستفادة من عامل الترغيب والترهيب مع الفيضان فلا فرق عنده– اي الفيضان – بين الموت والحياة أو الهزيمة والانتصار في حين يمكن الاستفادة من مثل هذه العوامل مع الخصوم الاخرين.

5- الفيضان ان جاء لا يتوقف عن المواجهة ولا يقبل الهدنة بأية حال بل انه لا يكتفي باستسلام الطرف الاخر (الانسان) اذ يستمر الى حيث تسمح له الظروف.

6- الفيضان هو الذي يبدأ المواجهة وهو الذي ينهيها دون ان تكون للطرف الآخر يد في ذلك.

وقد يعجب القاريء الكريم من استعمال مثل العبارات السالفة في حالة مثل حالة الفيضان، الا انها هي الحقيقة . فأن خصماً عنيداً جاهلاً مجهولاً لا يهاب كالفيضان لهو أشد وأدهى من غيره. ولا بد من أخذ الاحتياطات والاستعدادات للخصوم الاخرين لان الخيار واحد في هذه الحالة وهو المواجهة على غير ما نراه في الحالات الاخرى من الخيار المتعددة.

3-1 ضحايا الفيضان وأضراره

من المعلوم ان الفيضانات عندما تطغى على منطقة ما فأنها تستهدف كل ما يواجهها وتأتي على الاخضر واليابس، الانسان والحيوان، الارض والنبات، المساكن والمصانع،.... الخ.

والفيضانات لا تميز بين الطفل أو الشاب، الرجل أو المرأة ، الشيخ الكبير أو الاعزل المريض. فهي اذن قوة تدميرية تستهدف الانسان وكل ما يمكن ان ينتفع منه، عكس ما يحدث من نزاعات اخرى مع خصوم آخرين. وعليه فأن الفيضان بما يستهدفه اعظم خطراً من الحروب ولا بد من الاهتمام بمكافحته قبل غيره.

4-1 رصد الفيضانات واستمكانها

يعتبر رصد الفيضانات والتنبؤ بها من العمليات المعقدة والصعبة التي يواجهها الانسان المعاصر. إذ ان غاية ما وصلت اليه التقنية الحديثة- لغاية سنة 1989 في الدول المتقدمة - تحديد انماط الطقس لعدة ايام وقد تصل الى اسبوع

فقط، او قد تصل هذه التنبؤات الدقيقة في الدول المتقدمة إلى (10) أيام، أما في الدول النامية حيث التقدم في هذا الميدان لا يزال ضعيفا فانه بالامكان التنبؤ لاربعة ايام فقط [1]. ومهما يكن فان مثل هذه الفترة القصيرة من التنبؤ بحدوث الفيضان وان وصلت الى عدة شهور لا تكفي الا للاستعداد لادارة الموجة الفيضانية والسيطرة عليها في حالة واحدة فقط وهي توفر المنشآت الواقية والمسيطرة على الموجة مع الكادر الفني المتخصص لحسن ادارة الموجة على ان تكفي تلك المنشآت لاستيعاب مياه الموجة الفيضانية وامتصاص قوتها. اما في حالة عدم وجود تلك المستلزمات قبل ورود الموجة او التنبؤ بها فان عمليات التنبؤ بالفيضان لا تعني شيئاً ولا تفيد في السيطرة عليه حيث ان مثل هذه الفترة لا تكفي الا لإنقاذ الارواح والاموال المنقولة فقط تاركين المساكن والمصانع والمزارع والاراضي عرضة للدمار. وقد اشارت الدراسات الى ان هذه التنبؤات لا تقلل من خسائر الفيضان سوى نسبة 6-40٪ وتبقى نسبة 94-60٪ [2] من الخسائر حاصلة حتماً وذلك في الدول المتقدمة كالولايات المتحدة وكندا واليابان وبريطانيا.

اذاً لا مناص والحال هذه من التهيؤ والاستعداد للسيطرة على الفيضان بغض النظر عن التنبؤات لان النتيجة واحدة وهي وجوب اقامة المنشآت الواقية والمسيطرة على الفيضان التي تكفي لاستيعاب وامتصاص أكبر موجة فيضانية متوقعة، اذ ان التنبؤ بحدوث الموجة لا يكفي وحد بل يعتبر عاملاً مساعداً في السيطرة عليها. ويجب المبادرة فوراً بإجراء الدراسات والبحوث لايجاد المنشآت الواقعية وطرق ادارتها وعدم الانتظار لحين التنبؤ بالفيضان.

---

(1) كتاب الحد من دمار الكوارث الطبيعية تأليف الدكتور د.ك سميث النائب الاسبق للسكرتير العام لمنظمة الانواء الجوية العالمية، ترجمة الدكتور عبد علي الخفاف .

(2) المصدر السابق نفسه.

ان ما يزيد من خطورة الفيضان هو غيابه عن الاذهان معظم ايام السنة ولا يظهر الا في ايام معدودة وبصورة مفاجئة لا تتيح للانسان فرصة للاستعداد والدفاع .

5-1 المنشآت الواقية وطرق السيطرة

ان المنشآت الواقية من الفيضان والمسيطرة عليه كثيرة ومتنوعة حسب ظروف المنطقة الجغرافية والمناخية والاقتصادية وغيرها. ولسنا هنا بصدد الخوض في تفاصيل تلك المنشآت بل نذكر بعضاً من مميزاتها التي تشجع على انشائها وتنفيذها دون تردد، ومن هذه الميزات ما يلي:

1- ان جميع المنشآت والوسائل الواقية من الفيضان متعددة الاغراض ولا تقتصر على مقاومة الفيضان والسيطرة عليه. فلو أخذنا السداد الترابية مثلاً والتي يتم إنشاؤها على ضفتي النهر أو حول البحيرات والخزانات والمناطق المحدودة بالفيضان فان جميع هذه السداد إضافة لكونها واقية من الفيضان يمكن الاستفادة منها كطرق للنقل والمراقبة والسياحة. أما السدود والخزانات التي يتم إقامتها في مناطق التغذية واحواض الانهار والتي تستعمل لاستيعاب جزء من مياه الفيضان فهي مفيدة في تخرين المياه لاستعمالها للاغراض الزراعية- اثناء مواسم الجفاف- والاغراض البشرية والصناعية وانتاج الطاقة وغير ذلك . ولادراك اهمية تلك المياه المخزونة نذكر ان إنتاج رغيف من الخبز يتطلب (2500) كغم من الماء وان انتاج نصف كيلغرام من اللحوم يستلزم (17000) كغم من الماء ولا بد من توفير (290000) كغم من الماء عند انتاج طن واحد من الحديد[1].

---

(1) الطقس والمياه - منظمة الانواء الجوية العالمية- العدد 463- جنيف 1977.

2- إن منشآت الفيضان لا يمكن ان تكون في يوم من الايام عبئاً على الانسان أو تسبب له ضرراً بأي شكل من الاشكال على خلاف الوسائل الدفاعية التي يوفرها الانسان المعاصر ضد حالات معينة كالحروب مثلاً، فانها تشكل عبئاً ثقيلاً على الانسان من النواحي الاقتصادية والصحية والامنية وغيرها. ولا يخفى اثرها السلبي على حياة الانسان إذ لا ينقطع الصرف والبذل عليها حتى بعد صناعتها وانشائها وقد تؤدي أحياناً إلى كوارث جسيمة (إذا خرجت عن السيطرة كما يحدث في الاسلحة النووية والجرثومية) تقع على اصحابها انفسهم وليس على أعدائهم، وامثلة ذلك واضحة في الاتحاد السوفيتي الاسبق وفي امريكا وغيرهما. وقد لا تستعمل مثل هذه الوسائل الدفاعية طيلة عمرها ويحتار أصحابها في كيفية التخلص منها وصرف الاموال الطائلة لتدميرها، في حين ان الوسائل الدفاعية ضد الفيضان لا تشكل عبئاً اقتصادياً أو أمنياً حتى وإن لم يحدث الفيضان لانها تستغل لاغراض مفيدة أخرى.

ومما يثير الدهشة ان التمادي مستمر في الصرف السخي على النزاعات غير المجدية في حين تقابل الفيضانات بالدموع والضحايا بالارواح والمساكن والمصانع!!.

3- إن المنشآت الواقية من الفيضان عموماً قليلة الكلفة بكافة مراحلها بدء من الدراسات والتحريات مروراً بالتصاميم وأعمال الانشاء والتنفيذ الى أعمال الصيانة والتشغيل. فهي غير معقدة التركيب وغير صعبة التشغيل أو الصيانة. ويمكن اجراء كافة اعمالها بخبرات علمية بسيطة مقارنة بغيرها من المنشآت الصناعية او الحربية او غير ذلك.

4- ومن أهم المميزات الايجابية لمنشآت الفيضان عدم حاجتها الى حراسة او حماية من التلف او السرقة او الحريق الا في ظروف استثنائية نادرة الحدوث وذلك ينبع من طبيعتها وكونها ذات نفع عام لا تختص بفرد دون آخر.

6-1 الفيضانات في العالم

كشف دراسة أعدتها اليونسكو عام 1973 أن فيضانات الأنهار تدمر في قارة آسيا وحدها وفي كل عام- حوالي (4) مليون هكتار من الاراضي الزراعية والحقول، كما إنها تؤثر في حياة حوالي (17) مليون نسمة، ويقدر ان حوالي (5) مليون نسمة من الصين فقدوا حياتهم بفعل الفيضانات التي حصلت ما بين (1860-1960) . وأنّها شكلت كارثتين بين ثلاثة من أكثر الكوارث الطبيعية هلاكاً- وكانت الكارثة الثالثة والاخرى هي الجفاف والمجاعات في الهند- وقد وقع خلال السنوات (1977-1984) (133) فيضان في (45) دولة تسببت في ازهاق الكثير من الارواح.

وتمثل الفيضانات المرتبة الثالثة في قائمة الكوارث المميتة علماً أن الارقام لا تشمل ضحايا الفيضانات الناتجة عن الاعاصير المدارية، حيث بلغ عدد الوفيات خلال الفترة ما بين (1947-1980) كما يلي:

1- كوارث الاعاصير المدارية	499000	حالة وفاة
2- الزلازل	450000	حالة وفاة
3- الفيضانات	194000	حالة وفاة
4- عواصف	29000	حالة وفاة [1]

7-1 الجفاف في العالم

يعتبر الجفاف الكارثة المناخية الرئيسية. إذ تتعرض للجفاف ممعظم مناطق العالم. وحالات الجفاف هي عكس حالات الفيضان من حيث المعنى. وقد تكون

(1) كتاب الحد من دمار الكوارث الطبيعية - د. ك. سميث - منظمة الانواء الجوية العالمية العدد 722- جنيف 1989- ترجمة الدكتور عبد علي الخفاف.

هناك علاقة بين الفيضان والجفاف يحتاج إثباتها الى بيانات ماضية ودراسات واسعة، وقد لا توجد مثل هذه العلاقة أصلاً. أي ان ظاهرة الجفاف مستقلة عن ظاهرة الفيضان من حيث تأثير الواحدة على الاخرى طبيعياً، وليس من الضروري ان تتبع حالة الفيضان حالة جفاف او بالعكس.

ومهما يكن فانه بالامكان ايجاد علاقة قسرية بين الفيضان والجفاف بحيث نجعل أحدهما يلغي الآخر فنتخلص من خطريهما.

ولو اجرينا مقارنة بين الظاهرتين من حيث الخسائر بالارواح مثلا نجد ان الخسائر نتيجة الجفاف تفوق كثيراً مثيلتها نتيجة الفيضان، حيث ان فترة جفاف واحدة تعرضت لها الهند بين (1965 و 1967) أدت الى حصول وفيات بلغت حوالي (1500000) نسمة وفي خسائر اخرى قدرت بحوالي (100) مليون دولار امريكي[1].

اما المقارنة بين الظاهرتين من حيث كمية المياه فيكفي ان نقول ان تصريف نهر الأمزون يعادل خمس تصريف انهار العالم جميعاً وهذه الكميات من المياه تغطي احتياجات العالم مرتين او انها اكثر بمرتين من الكميات المطلوبة لذلك. كما ان المياه الجارية في نهر الصين العظيم (يانكتسي كيانك Yangtze-Kiang) يمكن أن تجهز (600) لتر لكل نسمة من سكان العالم يومياً[2]. هذا بغض النظر عن الكميات الهائلة من مياه الفيضان والتي تضيع هدراً في كل عام.

من هنا أصبح من المؤكد ان المياه العذبة تغطي احتياجات العالم لكل مواسم الجفاف اذا ما تم توزيعها ولو جزئياً على المناطق المعرضة للجفاف.

---

(1) المصدر السابق نفسه.

(2) الطقس والمياه- منظمة الانواء الجوية العالمية – العدد 463 جنيف 1977.

ان جمع ظاهرتي الجفاف والفيضان في وقت واحد ومكان واحد لاجل أن تلغي إحداهما الاخرى أمر غير ممكن. الا ان حدوثهما في مكان واحد لأوقات مختلفة او حدوثهما في وقت واحد في اماكن مختلفة هو الممكن، وفي الحالة الاولى – عند حدوثهما في مكان واحد واوقات مختلفة –يمكن التقريب بينهما لكي تلغي إحداهما جزءاً من الاخرى او كلها وبطرق تبدو غير مكلفة اذا ما قورنت بالاضرار والخسائر الناجمة من كليهما. ومن بين هذه الطرق:

1- خزن مياه الفيضان بخزانات سطحية كبيرة تنشأ لاغراض الفيضان والجفاف معاً. وتطلق هذه المياه عند بدء مواسم الجفاف تدريجياً.

2- خزن مياه الفيضان في جوف الارض – في طبقات التربة – وضمن أكبر مساحة ممكنة، أو باستعمال كلا الطريقتين، وبذلك نأمن خطر كل من الظاهرتين بل تصبح كل ظاهرة مكملة للظاهرة الاخرى من اجل الاستفادة لا من اجل زيادة الخطر وتعد حينئذ من النعم لا من الكوارث.

اما في الحالة الثانية عند حدوث الظاهرتين في وقت واحد واماكن مختلفة من العالم فان عملية التقريب بينهما تبدو صعبة ومعقدة الى حد ما، إذ تبرز الحاجة هنا الى نقل مياه الفيضان من أماكنها الى مناطق الجفاف البعيدة وهذه العملية مكلفة وتدخل في اعتبارات كثيرة تزيد من صعوبتها. الا ان ذلك لا يعتبر مستحيلاً وان تطور البحوث والدراسات الهيدرولوجية والجيولوجية يكفل تذليل الصعوبات ويمكن الوصول الى نتائج مقبولة تخلص العالم من ويلات الفيضان والجفاف معاً.

8-1 الخلاصة والاستنتاجات

1- إن الانسان عندما يواجه الفيضان فانه أمام خصم عنيد ذا قوة غير معلومة وغير متوقعة لا يقبل المهادنة ولا يميز بين شيء وآخر.

2- إن الفيضان يستهدف كل ما يقع امامه، الانسان والحيوان، الارض والنبات، المساكن والمصانع، المزارع والطرق....الخ.

3- لا تتوفر الفرص الجيدة للتنبؤ بالفيضان (في الوقت الحاضر على الاقل) واستمكان قوته ومكان أو زمان وقوعه إذ يأتي، وليس هناك متسع من الوقت لترتيب سبل مواجهته والسيطرة عليه.

4- إن الفيضان يغيب عن الاذهان معظم ايام السنة فهو منسي غير موجود الا عند وقوعه.

5- إن منشآت الوقاية من الفيضان والسيطرة عليه بسيطة غير معقدة من حيث التصاميم والتنفيذ والتشغيل والصيانة.

6- إن منشآت الوقاية من الفيضان لا تحتاج الى حماية أو حراسة مشددة الا في ظروف استثنائية نادرة.

7- إن تكلفة مكافحة الفيضان والوقاية منه قليلة مقارنة بغيرها.

8- إن المنشآت الواقية من الفيضان متعددة الاغراض، يمكن الاستفادة منها واستغلالها في مجالات شتى بغض النظر عن حدوث الفيضان من عدمه.

9- وأخيراً وبناء على ما تقدم فلا حجة للتردد في المساهمة في مواجهة الفيضان بأي شكل من الاشكال.

الفصل الثاني

الدراسات والتحريات

1-2مقدمة

ان من اساسيات السيطرة على الفيضان توفر الدراسات والبيانات والمعلومات المستفيضة والدقيقة المبنية على أسس علمية صحيحة، ومن الطبيعي ان تكون النتائج جيدة عندما تكون تلك المعلومات دقيقة. ويجب ان لا تقتصر المعلومات والبيانات على منطقة دون أخرى بل تشمل كافة المناطق سواء كانت أحواض الانهار او المهددة بالفيضان او مناطق التغذية.

ورغم ان اجراء البحوث والدراسات وتسجيل البيانات في مناطق التغذية، مثلا، ليسا من صلب واجبات مهندس السيطرة على الفيضان – بل من اختصاص الهيدروجيين – فأنه يجب ان يكون لديه المام كبير بكيفية اجراء عمليات الدراسة والتحري وجمع المعلومات والبيانات ولا بد ان يكون هناك تنسيق واعمال مشتركة بين المهندس المختص بالفيضان وأولئك المختصين بالهيدروجين أو الانواء الجوية أو غيرها من المجالات التي لها علاقة بالفيضان من قريب او بعيد.

ويتضمن هذا الفصل ذكر أهم المعلومات والبيانات التي يجب توفرها لدى مهندس الفيضان بالحصول عليها من ذوي الاختصاص او الحصول عليها بنفسه وكيفية توظيف تلك البيانات والاستفادة منها في عمله (السيطرة على الفيضان).

ومن بين اهم تلك البيانات التساقط المطري في الفترات الماضية واعلى فيضان أو عاصفة مطرية مرت بتاريخ المنطقة، مقدار الثلوج المتراكمة ومعدلات ذوبانها وتصاريف الانهار اليومية لاطول فترة مرت (ويفضل الا تقل عن 30 سنة

ماضية). والمسح الطوبرغرافي لمناطق التغذية واحواض الانهار والتوزيع الكافي في المنطقة.... الخ.

وتعتبر الدراسة والتحريات الخطوة الاولى والاساسية في مسيرة مواجهة الفيضان ويجب ان تحقق ما يلي:

1- الحصول على صورة واضحة عن الاوقات المحتملة والكميات المتوقعة لمياه الفيضانات ومصادرها والمناطق المهددة بها، واعلى فيضان متوقع او مرت به المنطقة خلال تاريخها.

2- وضع الاسس لاختيار مواقع المنشآت الواقية من الفيضان كالخزانات السطحية والجوفية والسدود والنواظم القاطعة والسداد الترابية وغيرها من المنشآت التي تساعد على تحجيم مياه الفيضان وتخزينها واطلاقها وتوجيهها الاماكن وفي الاوقات التي تحد من خطرها.

3- الحصول على المعلومات ووضع الاسس العلمية الصحيحة لتصميم المنشآت آنفة الذكر سواء في مناطق التغذية او المناطق المهددة.

4- تحديد مصادر او مقالع المواد الاولية التي تستخدم في تنفيذ المنشآت الواقية والمسيطرة على الفيضان كمقالع الحجر والتراب والرمل والحصو وغيرها.

5- تحديد المناطق المهددة بالفيضان حسب الاهمية ودرجة الخطورة.

6- التوزيع السكاني في مناطق التغذية (Catchment area) أو (Drainage area) واحواض الانهار والمناطق المهددة.

7- تحديد مناطق الاخلاء اثناء الطواريء وطرق الاسعاف بالمواد الطبية والغذائية والسكنية للمناطق التي قد تتعرض للفيضان.

2-2 التساقط (Precipitation)

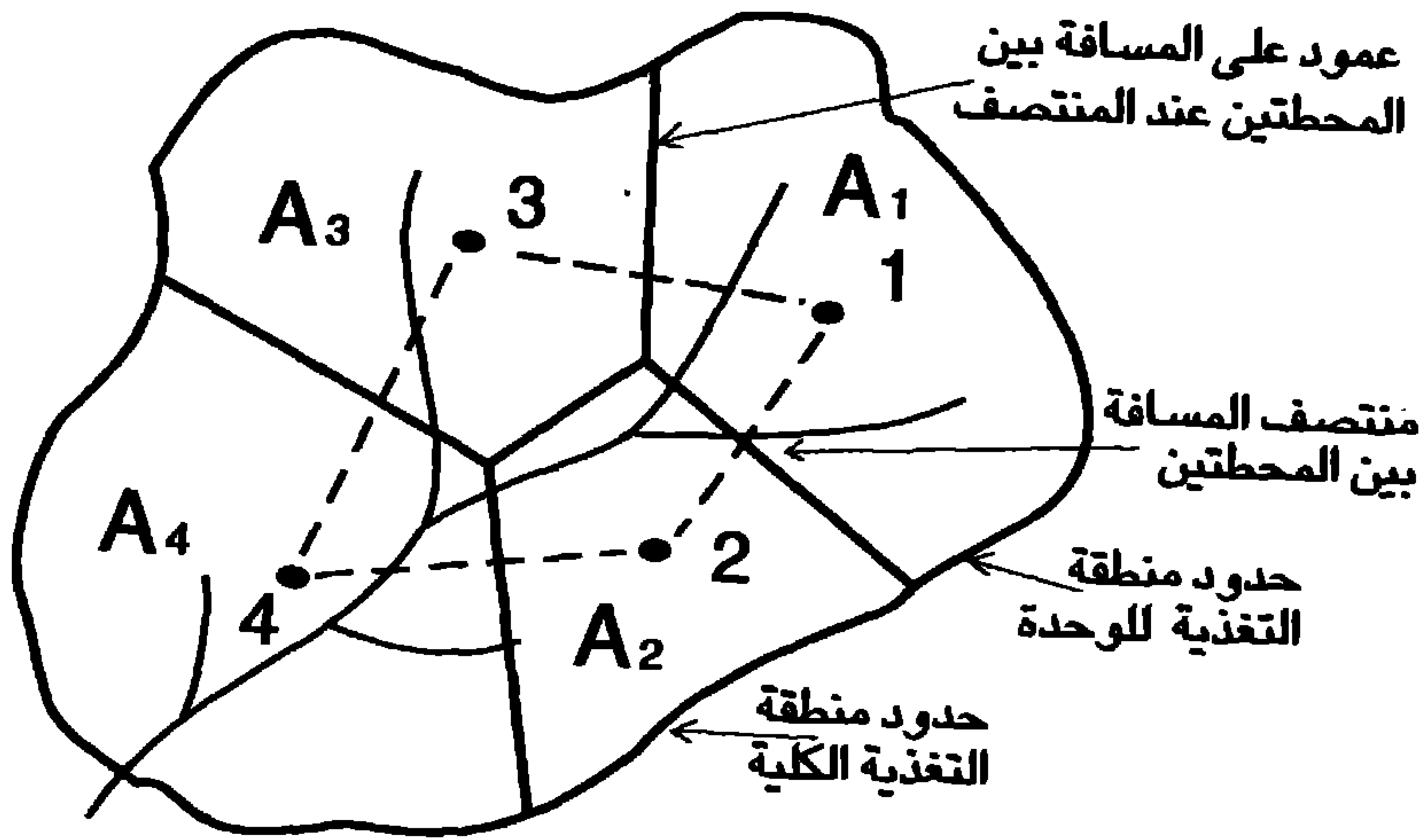
يعتبر التساقط بأنواعه المصدر الرئيسي للفيضانات في العالم لذا يجب الاهتمام بدراسته بشكل خاص. لقد وجدت طرق واجهزة عديدة لقياس معدل التساقط (Intensity). ينبغي إنشاء العديد من محطات القياس تنتشر في عموم مناطق التغذية التي تعتبر المياه المتجمعة منها مصدراً للفيضان، حيث تبين البيانات المسجلة في كل محطة معدل التساقط في المساحة التي تمثلها تلك المحطة في منطقة التغذية، وتوجد عدة طرق لحساب معدل التساقط لعموم منطقة التغذية من معرفة معدل التساقط في المحطات المنتشرة فيها. ولا مجال لذكرها هنا جميعاً ونذكر منها طريقة (ثيسن Thiessen) حيث تعتبر أكثر دقة وتتلخص هذه الطريقة بتسقيط مواقع المحطات على خارطة منطقة التغذية (Drainage area) ومد خطوط مستقيمة بين النقاط التي تمثل مواقع المحطات. ثم تنصف هذه الخطوط ويرسم خط مستقيم عمودي على كل خط بين محطتين من منتصفه وتمد الخطوط العمودية حتى تتقاطع فيما بينها مكونة بذلك حدود كل محطة على الخارطة. وتقاس المساحة المحيطة بكل محطة حيث تمثل تلك الخطوط حدود كل محطة. وتحسب كثافة التساقط لعموم منطقة التغذية (P) بالشكل التالي:-

$$P=\frac{A_1P_1+A_2P_2+\ldots+A_nP_n}{A_1+A_2+\ldots+A_n}$$

حيث P_1 = كثافة التساقط في المحطة (1) التي مساحتها A_1

n = عدد المحطات

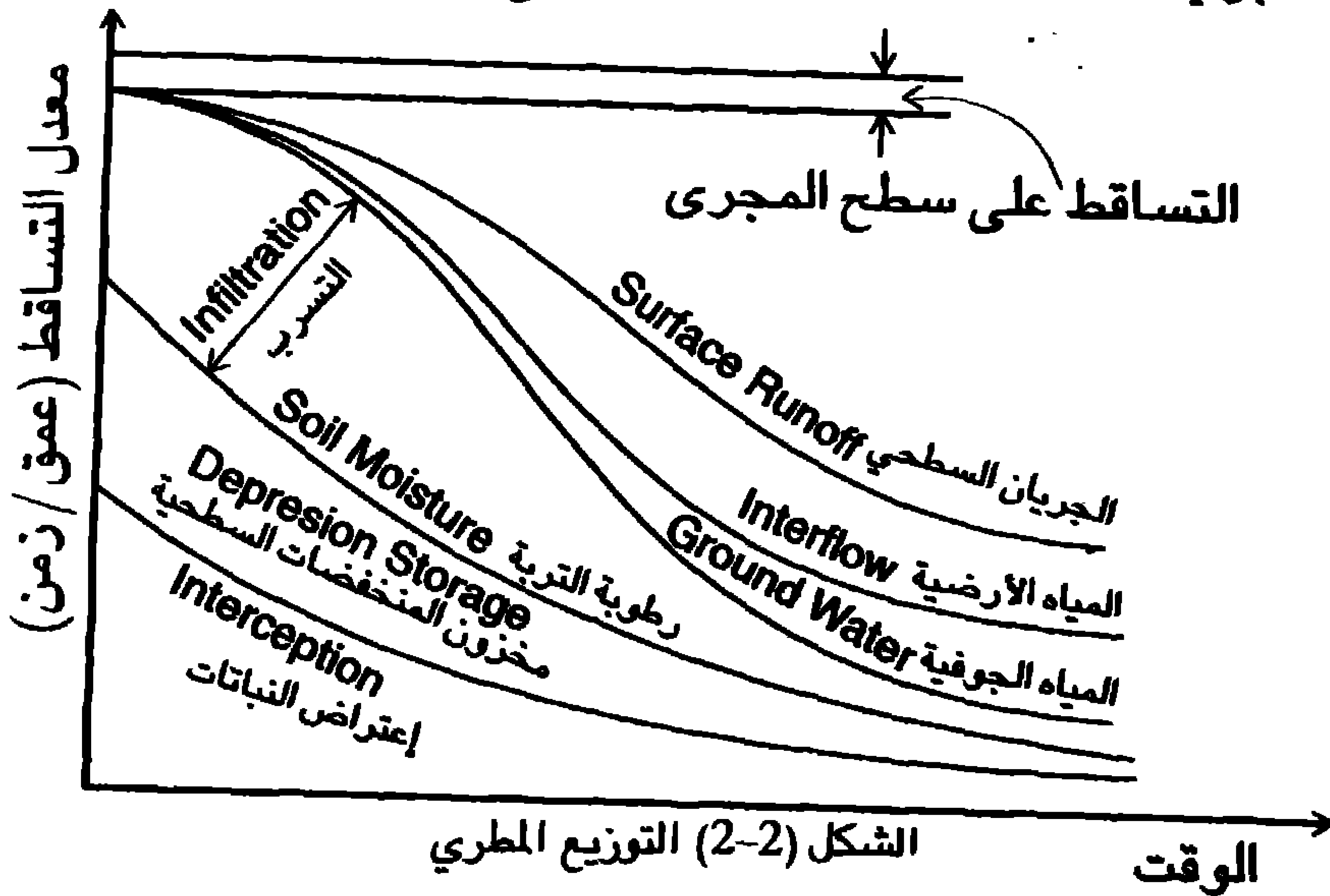
لاحظ الشكل (2-1)



الشكل (2-1) تقسيم منطقة التغذية الى وحدات حسب المحطات في المنطقة لحساب معدل التساقط

3-2 المياه الجارية (Stream Flow)

تتجمع المياه الجارية في مجرى معين نتيجة الجريان السطحي (Surface Runoff) والتسرب النافذ اليها من المياه الارضية (Inter flow) والتسرب من المياه الجوفية (Ground Water Flow) كما يتضح من الشكل (2-2).



الشكل (2-2) التوزيع المطري

أما الجريان السطحي فهو جزء المياه المتساقطة الذي يزيد عن كمية امتصاص التربة بسبب زيادة معدل التساقط على معدل التسرب فينساب على سطح الارض متبعاً عدة مسارات حسب طوبوغرافية المنطقة الى أن يصل الى أحد الانهار أو الوديان المنخفضة (أو اي مجرى يحصر المياه ضمن مقطعه) فيصب فيه ويصبح جزءاً منه، ويبدأ الجريان السطحي في المجرى الرئيسي.

أما التسرب تحت السطحي (Interflow) فهو جزء مياه الامطار الذي يتسرب من خلال سطح التربة الى طبقة تحته تقع فوق طبقة صماء او قليلة النفاذية وبذلك تتشبع هذه الطبقة بالمياه التي تصبح تحت ضغط ميل هيدروليكي فتتحرك جانباً الى أن تنفذ من سطح التربة المنخفض في مقطع المجرى المائي الرئيسي فيصبح جزءاً منه.

والتسرب الجوفي (Ground water flow) هو ذلك الجزء من مياه الامطار الذي يتسرب الى اعماق التربة حتى يصل منسوب الماء الارضي (Water table) (وهو السطح الذي يفصل التربة المشبعة عن التربة الرطبة او الجافة)، وينفذ هذا الماء الى المجرى الرئيسي عند تقاطع سطح الماء الارضي مع سطح الماء في المجرى فيكون جزءاً من مياهه. ويتميز هذا الجزء من المياه المتسربة بسرعته البطيئة جداً وقد يتطلب احياناً عدة سنوات قبل ان يصل المجرى الرئيسي. ويسمى هذا الجريان أيضا بالجريان الاساسي(base flow) .

أما جزء المياه الذي يتساقط على سطح المجرى الرئيسي على امتداده وروافده فهو غالباً ما يلحق بالجريان السطحي او يهمل لكونه صغيراً نسبياً.

كما تحتفظ التربة بجزء لا بأس به من مياه الامطار الراشحة اليها ويسمى هذا الجزء برطوبة التربة (Soil moisture) . وتعتبر أجزاء مياه الامطار التي

تحتفظ بها التربة سواء كانت رطوبة أو مياه جوفية من أهم اجزاء مياه الامطار التي يهتم بها مهندس الفيضان ويحاول زيادة نسبتها للتخلص من خطرها كمياه فيضان والاستفادة منها في مواسم الجفاف كمخزون ستراتيجي.

أما مخزون مياه الامطار في المنخفضات السطحية (Depresion storage) فهو الجزء المتجمع في المنخفضات الموجودة على سطح الارض وهو لا يضاف الى مياه الفيضان (المياه الجارية) لانه إما ان يعود الى الجو بالتبخر أو ان يتسرب الى جوف التربة.

كما تعترض النباتات النامية على سطح التربة جزءاً من المياه المتساقطة (Plant interception) وتختلف نسبتها باختلاف عدة عوامل منها:

1- خصائص المطر من حيث حجم القطرات ومعدل التساقط ومدته.

2- خصائص الغطاء النباتي من حيث النوعية والكثافة والعمر.

3- فترة التساقط حيث يكون أكثر ما يمكن عند بدء نزول المطر ثم يصل الى الصفر عند تشبع النباتات. وهذا الجزء من المياه لا يضاف هو الاخر الى مياه الفيضان حيث يعود الى الجو بالتبخر.

وتعتمد كمية مياه الفيضان المتجمعة كجريان سطحي على العوامل التالية:

1- معدل التساقط

2- نفاذية سطح التربة

3- فترة التساقط

4- نوع الغطاء النباتي

5- مساحة منطقة التغذية

6- توزيع التساقط على المساحة الكلية

7- طوبوغرافية منطقة التغذية

8- عمق منسوب الماء الارضي (W.t)

9- رطوبة التربة قبل التساقط.

وتتركز مهمة مهندس الفيضان في هذه المرحلة بتقليل نسبة مياه الفيضان (الجريان السطحي) المتجمعة والتقليل من سرعتها والتقليل من نسبة العوالق فيها لتسهيل السيطرة عليها ويتم ذلك بتغيير العوامل اعلاه بالشكل الذي يؤثر على كمية وسرعة ونوعية مياه الفيضان. ويمكن التدخل والتأثير في العوامل (9،8،7،4،2) اعلاه اما العوامل المتبقية (6،5،3،1) فلا يمكن تغييرها او يصعب ذلك.

يقدر حجم كل جزء من أجزاء المياه المتساقطة المارة الذكر للحصول على النتيجة النهائية لكمية المياه التي ستتجمع وتتركز من منطقة التغذية كجريان سطحي يمكن ان تشكل خطراً باعتبارها مياهاً فائضة.

وقد استعملت طرق عديدة في عمليات تقدير حجوم مكونات الامطار المتساقطة، الا ان جميع هذه الطرق والمعادلات مستخرجة ضمن ظروف مناطقها الخاصة ولا يمكن تعميمها لاستعمالها في المناطق الاخرى وان استعملت فان النتائج سوف لا تكون دقيقة. ان أفضل النتائج يتم الحصول عليها من البيانات والدراسات الخاصة بالمنطقة ذاتها دون الاعتماد على الدراسات والمعادلات التي استخرجت في مناطق اخرى.

ونذكر هنا بعضاً من هذه الطرق والمعادلات:

1-مخزون المنخفضات السطحية:

$$V=Sd\,(1-e^{-Km})$$

حيث V= حجم الماء المخزون عند زمن ما

Sd = السعة التخزينية القصوى للانخفاضات (حجمها)

K = ثابت = $\frac{1}{Sd}$

m = تعبر عن الزائد من مياه الامطار

= كمية المطر – (التبخر + التسرب + الاعتراض بالنباتات)

ويمكن حساب Sd من واقع المنطقة بعمل مسح شامل لها.

2- حجم المياه المفقودة باعتراض النباتات (Plant interception) يمكن تقديره من المعادلة التالية:-

$$i = Si + KEt$$

حيث i = حجم الماء الذي اعترضته النباتات اثناء التساقط

Si= حجم المخزون من الماء المعترض من النباتات والممسوك ضد الجاذبية وضد تأثير الرياح.

K = النسبة بين مساحة الاوراق في النموات الخضرية الى مساحة سطح التربة تحت الغطاء النباتي.

E = كمية الماء والتبخر في الساعة خلال فترة المطر .

t = الزمن الذي استغرقه التساقط (ساعة).

3- حجم المياه المفقودة بالتسرب (Infiltration) .

يعتبر جزء المياه المتسربة الى التربة من التساقط اهم اجزاء مياه التساقط ويعرّف التسرب بأنه نفوذ الماء خلال سطح التربة الى طبقات ما تحت السطح بالاتجاه العمودي، ومعدل التسرب بأنه السرعة التي يتسرب بها الماء من سطح التربة الى داخلها او عمق الماء النافذ بالنسبة لوحدة الزمن. ويكون معدل التسرب مرتفعاً جداً عند بداية التساقط حيث سطح التربة جاف، ثم ينخفض تدريجياً الى ان يصل الى حالة التوازن والثبات على مستوى معين، إذ يتأثر معدل الهبوط او الانخفاض في كمية التسرب بمقدار الرطوبة في التربة فيقل التسرب بزيادة نسبتها، كما يتأثر بنوع الغطاء النباتي وحالة سطح التربة ودرجة الحرارة وتجانس طبقات قطاع التربة ومعدل التساقط وحجم القطرات ونتيجة لارتطام قطرات المطر واصطدامها وضرباتها لسطح التربة تحدث حالة اشبه بالاندماج لدقائق سطح التربة وذلك لان القطرات حال اصطدامها بسطح التربة ترفع عدداً كبيراً من دقائق التربة الناعمة وخاصة الطينية (clay) وتقذفها في الهواء ثم تعود هذه الدقائق لتسقط وتترسب على السطح وتنتفخ وتتجمع مع بعضها مكونة غشاء دقيقاً مندمجاً على السطح يمنع دخول الماء جزئياً أو كلياً بحيث يقترب معدل التسرب من الصفر احياناً.

أن افضل طريقة لتقدير كمية التسرب هي تحليل المنحنيات المائية – المسماة بالهيدروكراف (Hydrograph) - للمنطقة حيث تعمل طبقاً لتسجيلات المنطقة وبيانات التساقط والجريان السطحي فيها وتفضل هذه الطريقة على غيرها لانها تمثل الظروف الحقيقية السائدة في المنطقة.

2-4 طرق حساب الجريان السطحي والتسرب من بيانات المنطقة

عند حساب كمية التسرب (infiltration) من المياه المتساقطة الى التربة فان الحجم المتبقي منها سيكون جرياناً سطحياً (Surface Runoff) ، وقد عرّف

الباحث هورتن (Horton) سعة التسرب fp (infiltration capacity) بأنها : المعدل الاعلى الذي تستطيع به تربة ما امتصاص مياه الامطار في ظروف معينة. واعتبر ان سعة التسرب fp سوف تتناقص تدريجياً مع الوقت من اعلى قيمة لها عند بداية التساقط حتى تصل الى المعدل الثابت وذلك كلما ازدادت التربة تشبعاً بالمياه وانتفخت دقائقها الطينية. وقد اعطى المعادلة التالية لمنحنى التسرب (الشكل 2-3):

$$fp = fc + (fo - fc)\, e^{-Kt}$$

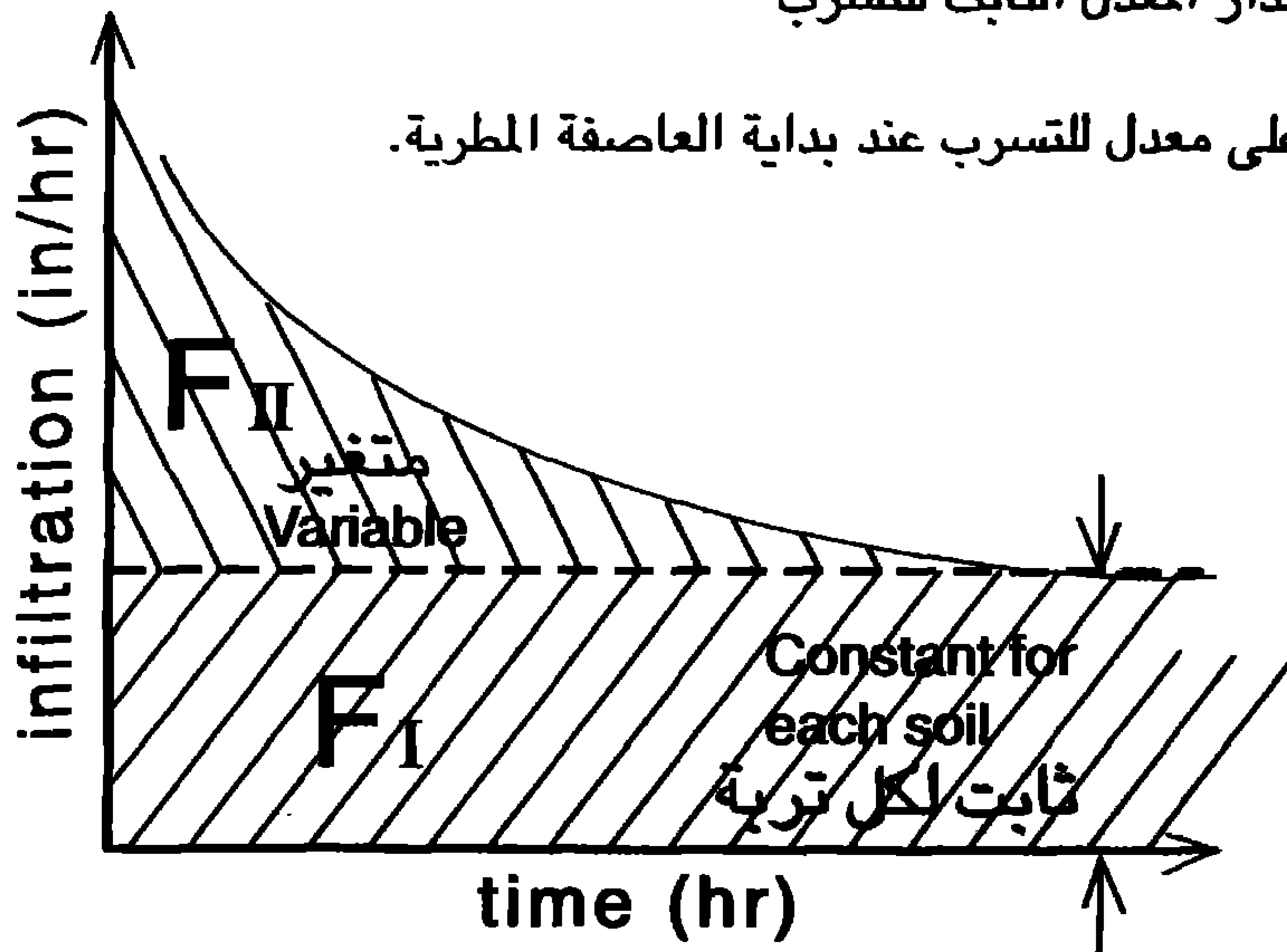
حيث fp = سعة التسرب عند الوقت (t)

k= معدل التناقص في معدل التسرب

e= اساس اللوغاريتم الطبيعي= 2.73

fc= مقدار المعدل الثابت للتسرب

fo= اعلى معدل للتسرب عند بداية العاصفة المطرية.



الشكل (2-3) منحنى سعة التسرب fp

وبالتكامل (integration) فان معادلة هورتن ستكون كما يلي:

$$F = \int_0^t fp = fc\ t + \left(\frac{f_o - f_c}{k}\right)\left(1 - e^{-Kt}\right)$$

حيث يمثل الحد الأول من المعادلة اعلاه التسرب الثابت FI ويمثل الحد الثاني التسرب المتغير FII أي أن : $F = F_I + F_{II}$

وعندما يكون t= ∞ فأن : $F_{II} = \frac{f_o - f_c}{k}$

الطريقة المبسطة لفصل التسرب عن الجريان السطحي

يمكن الاستفادة من البيانات الخاصة بالتساقط والتسرب لمنطقة ما لتحديد الجريان السطحي لها وذلك باستعمال ما يسمى بالـ (Infitration index) وهو متوسط معدل فقدان المياه بالتسرب بحيث ان حجم المياه المتساقطة الذي يزيد على ذلك المعدل سوف يساوي الجريان السطحي.

ومن أنواع الـ (Inf -index) الشائعة الاستعمال هما الـ(Φ- index) والـ (W- index) حيث يعرف الـ (Φ- index) بأنه معدل التساقط الذي يكون فوقه حجم التساقط مساوياً لحجم الجريان السطحي وعليه فأن هذا الـ (index) يعتبر متوسط معدل التسرب المشتق من منحنى الكثافة المطرية مع الوقت (time intensity curve) وما زاد من المياه المتساقطة على هذا المعدل سيكون مساوياً لحجم الجريان السطحي للعاصفة المطرية (الشكل 2-4). اي ان:-

$$\Phi - \text{index} = \frac{P - Qs}{T}$$

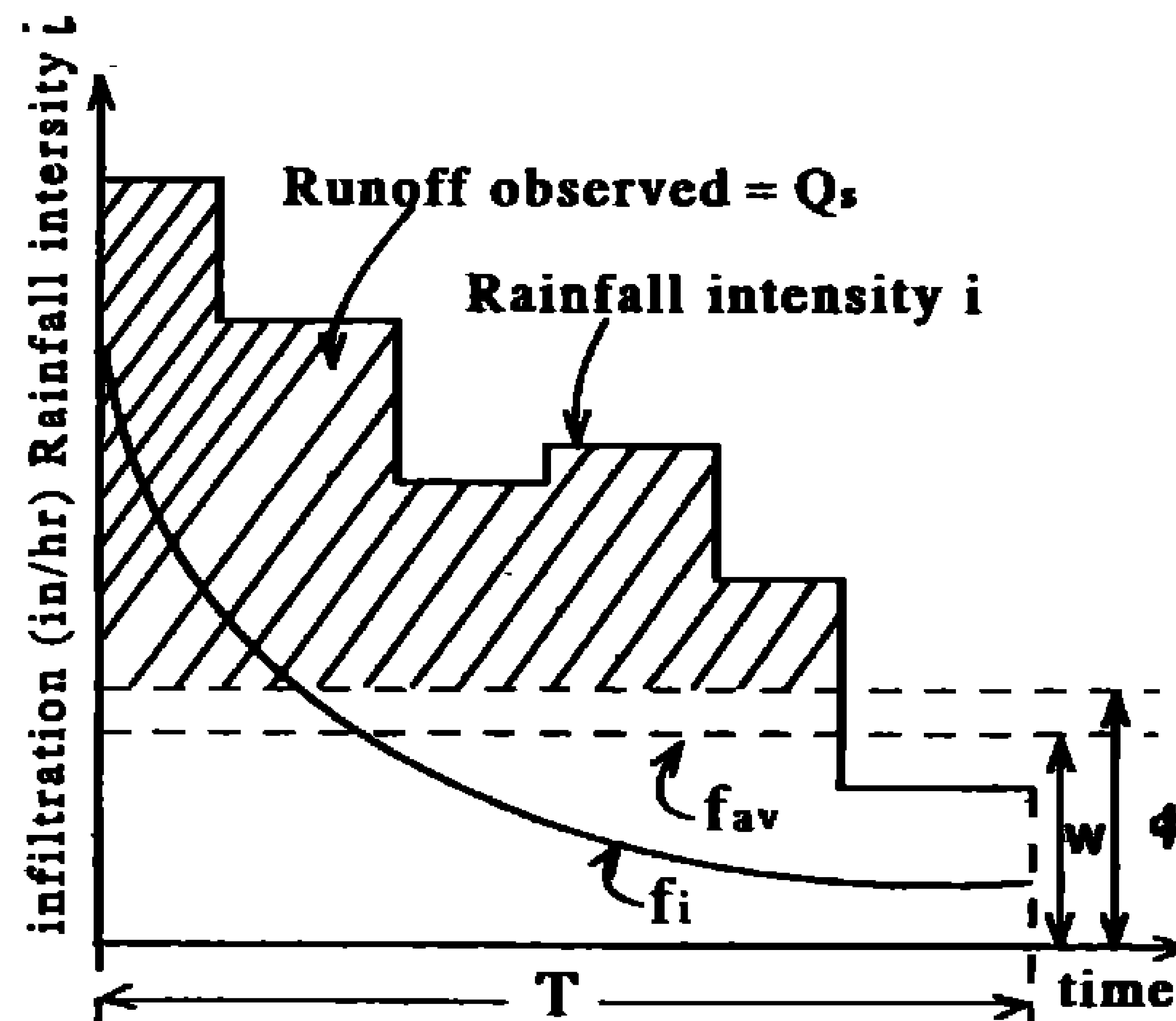
حيث P= مقدار التساقط المطري

Qs= الجريان السطحي الملاحظ في المنطقة

T= وقت التساقط المطري

أما الـ (W-index) فيعرف بأنه متوسط معدل التسرب خلال الوقت الذي يزيد خلاله معدل التساقط على سعة التسرب أي ان:-

$$W\text{-index} = \frac{Fi}{T} = \frac{P - Q_s - S_e}{T}$$



Infiltration indecies (4-2) الشكل

حيث Fi = الكمية الكلية للتسرب

T= الوقت الذي تزيد خلاله كثافة التساقط على سعة التسرب

P= مقدار التساقط

Q_s = الجريان السطحي الملاحظ في المنطقة

S_e = المفقودات باعتراض النباتات وتختفي في الساعات الأولى.

مثال :

الجدول التالي يبين البيانات المسجلة لعاصفة مطرية لكل ساعة من فترة التساقط البالغة 24 ساعة احسب معدل التسرب Fi، ϕ- index، W-index.

الحل : $F_i = P - Q_s - S_e$

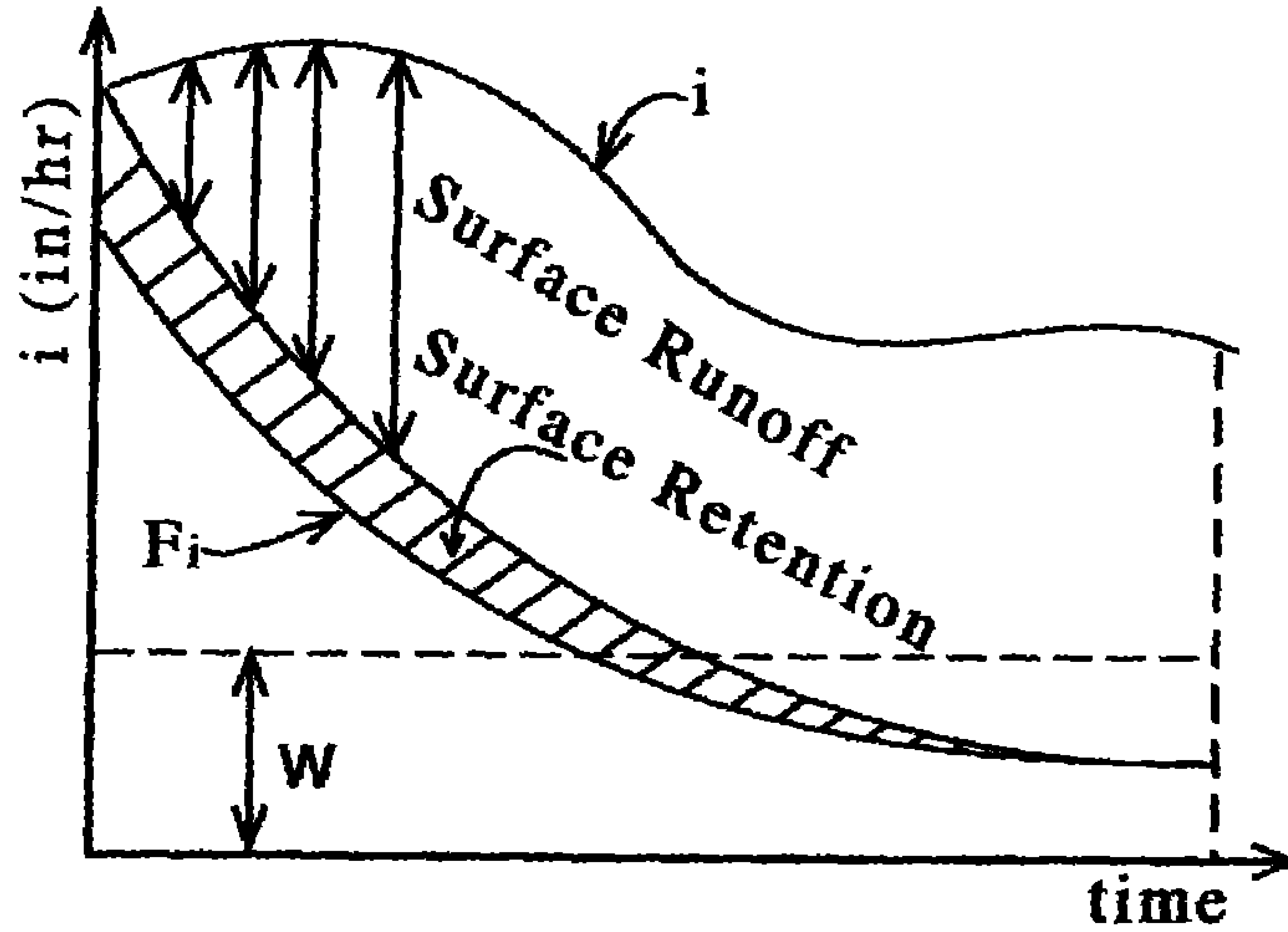
time (hr)	P(in)	Se (in)	Qs (in)	Fi (in)	P-Qs
1	0.42	0.20	0.03	0.19	0.39
2	0.48	0.15	0.20	0.13	0.28
3	0.34	0.05	0.17	0.12	0.17
4	0.31	0.00	0.20	0.11	0.11
5	0.30	0.00	0.22	0.08	0.08
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
23	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
24	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
				Σ Fi = 1.11	Σ (P-Qs)= 1.51

$$\Phi\text{ - index} = \frac{\sum (P - Q_s)}{T} = \frac{1.51\ \text{in}}{24\ \text{hr}} = 0.063\ \text{in/hr}$$

$$W\text{ - index} = \frac{\sum (P - Q_s - S_e)}{T} = \frac{1.11\ \text{in}}{24\ \text{hr}} = 0.046\ \text{in/hr}$$

يمكن الاستفادة من البيانات الخاصة بمعدل التسرب واستعمالها بنجاح لتقدير مياه الفيضان العظمى (max. flood flows) والتي غالباً ما تتكون بمعظمها من الجريان السطحي. حيث تقديره من البيانات الخاصة بمعدل التسرب ومعدل التساقط لعاصفة مطرية ذات توزيع بسيط متجانس وتساقط مستمر غير متقطع بكثافة تساقط تزيد في كل فترة العاصفة على معدل التسرب كما يلاحظ من الشكل (2-5). ويقدر الجريان السطحي بهذه الطريقة كما يلي:

يتم حساب الـ Φ-index، ويرسم نفس المرتسم الخاص بمنحنى معدل التساقط مع الوقت.



الشكل (2-5) حساب الجريان السطحي من التساقط و W

ثم يتم حساب المفقودات الاخرى (Surface reten.) والتي تتضمن المفقودات باعتراض النباتات والتبخر وتضاف الى معدل التسرب لينتج منحنى جديد. وعليه فان الجريان السطحي يعين بمقدار المساحة المحصورة بين منحنى التساقط ومنحنى التسرب زائداً المفقودات الاخرى (المنحنى الجديد).

الطريقة الرشنية (Rational method) لحساب الجريان السطحي

في هذه الطريقة تستعمل المعادلة الآتية لحساب حجم الفيضان لوحدة الزمن:-

$$Qs = CAR$$

حيث Qs = الجريان السطحي الكلي (قد^3/ث)

R = معدل التساقط لأعلى عاصفة مطرية (إنج/ ساعة)

Intensity of max. Rain fall (in/hr)

A = مساحة منطقة التغذية بالايكر(Acre)

ان عدم تجانس الوحدات هنا لا يؤثر على النتائج لأن:

(1) قد^3 / ث = (1) إنج / ساعة لمساحة مقدارها (1) ايكر

C = عامل النسبة المئوية للجريان السطحي لمنطقة التغذية

(percentage cofficient of Runoff for the catchment area)

ويسمى احياناً (Factor of imperviousness) وتقدر قيمته لانواع التربة وخواصها في منطقة التغذية كما يلي:

Steep, bare rock: ---------- 0.90

Rock, Steep but wooded: ---------- 0.80

Plateaus lightly covered, ordinary ground, bare: ---------- 0.70

Densely built up areas of cities with metalled roads and paths: ---------- 0.70-0.90

Residential areas not densely built up,

with metalled road: 0.50-0.70

As before but with unmetalled road: 0.20-0.70

Clayey soils, stiff and bare: 0.60

As before but lightly covered: 0.50

Loam, lightly cultivated or covered: 0.40

As before but largely cultivated: 0.30

Suburbs with gardens, lawns, and

macadamized roads: 0.30

Sandy soils, light growth: 0.20

As before but covered, heavy bush: 0.10

Jungle areas: .... 0.10 - 0.20

Parks, lawns, meadows, gardens, cultivated areas: ... 0.05 - 0.25

* القيم اعلاه منقولة من كتاب: - - (Indian practical civil engineer's hand book

P.N. KHANNA)

تستعمل القيم الأكبر للمساحات الصغيرة ذات الانحدار الشديد وتستعمل القيم الاصغر للمساحات الكبيرة ذات الانحدار البسيط.

ان الجريان السطحي من المناطق العريضة (fan shaped) أكثر منه في المناطق الطويلة والضيقة (fern - shaped) .

مقدار الفقدان في مياه الامطار

بالتبخر واعتراض النبات يتراوح بين	30 - 50٪
بالفقدان بالتسرب	15- 25٪
بالجريان السطحي	25 - 65٪

ان جريان سطحي مقداره إنج واحد في الساعة من مساحة ميل مربع واحد تساوي (645.33 قد3/ثا).

ملاحظة: غالباً ما تستعمل الطريقة الرشنية لحساب الجريان السطحي عندما تكون مساحة منطقة التغذية أقل من 25000 كيلو متر مربع.

5-2 المنحنى المائي (Hydro graph)

هو المنحنى المائي الناتج من رسم قيم التصريف (discharge) او مناسيب المياه في مجرى معين مع الزمن.

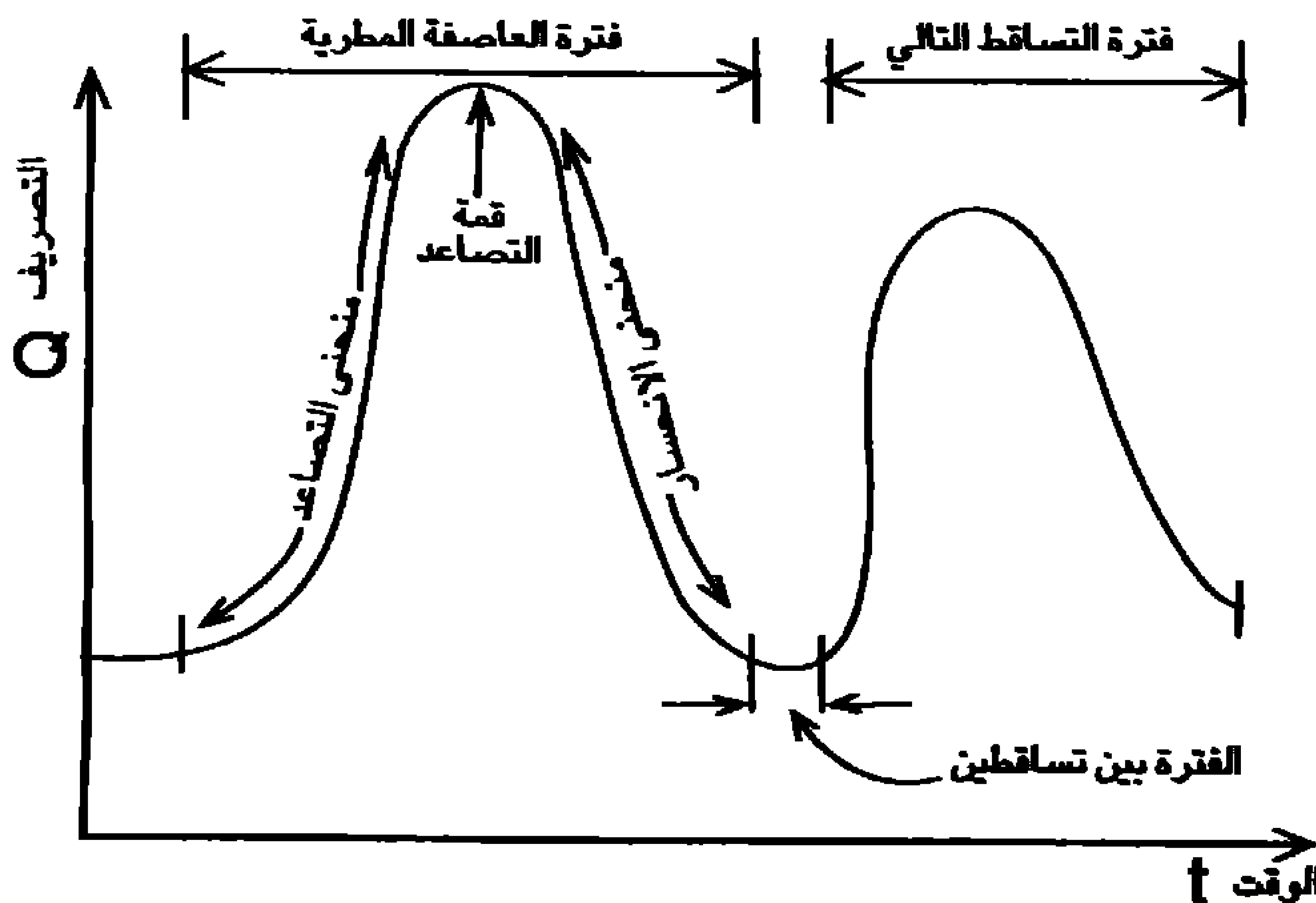
ولتوضيح المنحنيات المائية لمجرى معين يتغذى من منطقة معينة يجب اولاً معرفة حالة الجريان في هذا المجرى في المواسم الاعتيادية (غير مواسم الامطار) والذي يعرف بالجريان الاساسي (Base flow) وهو الجريان التاتج من تجمع جزء من المياه الجوفية وهو جريان دائم ومستمر.

وفي حالة سقوط الامطار فان الهيدروكراف الذي يصف الجريان يتغير ليصف كميات الماء التي تضاف الى الجريان الاساسي وتزيد عن معدلات التصريف فيه والناتجة عن المطر الذي يتساقط مباشرة على نفس المجرى بالاضافة الى كميات المياه المتجمعة فيه كجريان سطحي (Surface Runoff) وجريان باطني (Inter flow) والآتية من منطقة التغذية. ونظراً لان مساحة

المسطح المائي للمجرى وروافده تعتبر بسيطة جداً لمساحة منطقة التساقط (لا تزيد عادة عن 5٪) لذلك يمكن تجاهل كمية التساقط المباشر على سطح المجرى لعدم تأثيرها على الشكل العام للهيدروكراف.

ويسمى جزء المنحنى المائي الناتج من الجريان السطحي والباطني بمنحنى الجريان المباشر (Direct Runoff Hydrograph) ويعبر عنه اختصاراً بـ (DRH) ويسبب وصول هذا الماء الى المجرى تصاعداً في المنحنى حتى يصل الى أقصى تصريف، ويتوقف على معدل تساقط المطر (Intensity) وطول الفترة المطرية (Duration) والخصائص الطبيعية لمنطقة التغذية وسعة تربتها التخزينية، ويمكن ان تنشأ حالة من التوازن إذا كان التساقط المطري مستمراً لفترة طويلة وبمعدلات ثابتة الا ان مثل هذه الحالات نادرة ولا بد للمنحنى بالهبوط. وبذلك سيتكون المنحنى من ثلاثة اجزاء هي:

أ- الطرف الصاعد من المنحنى Rising limb



الشكل (2-6) المنحنى المائي (Hydrograph)

ويسمى الطرف الصاعد بمنحنى التخزين او التركيز (Concentlcation curve) وهو يبين الفترة الزمنية التي حدث خلالها تجميع المياه وتركيزها ويوضح مغدلات هذا التركيز الى ان يصل الى اعلى مستوى (الشكل 2-6).

ب- قمة المنحنى Crest Segment

ويبين هذا الجزء من المنحنى المنطقة القريبة من مستوى التجميع والفترة الزمنية التي وصل فيها التخزين الى أعلى مستوى له.

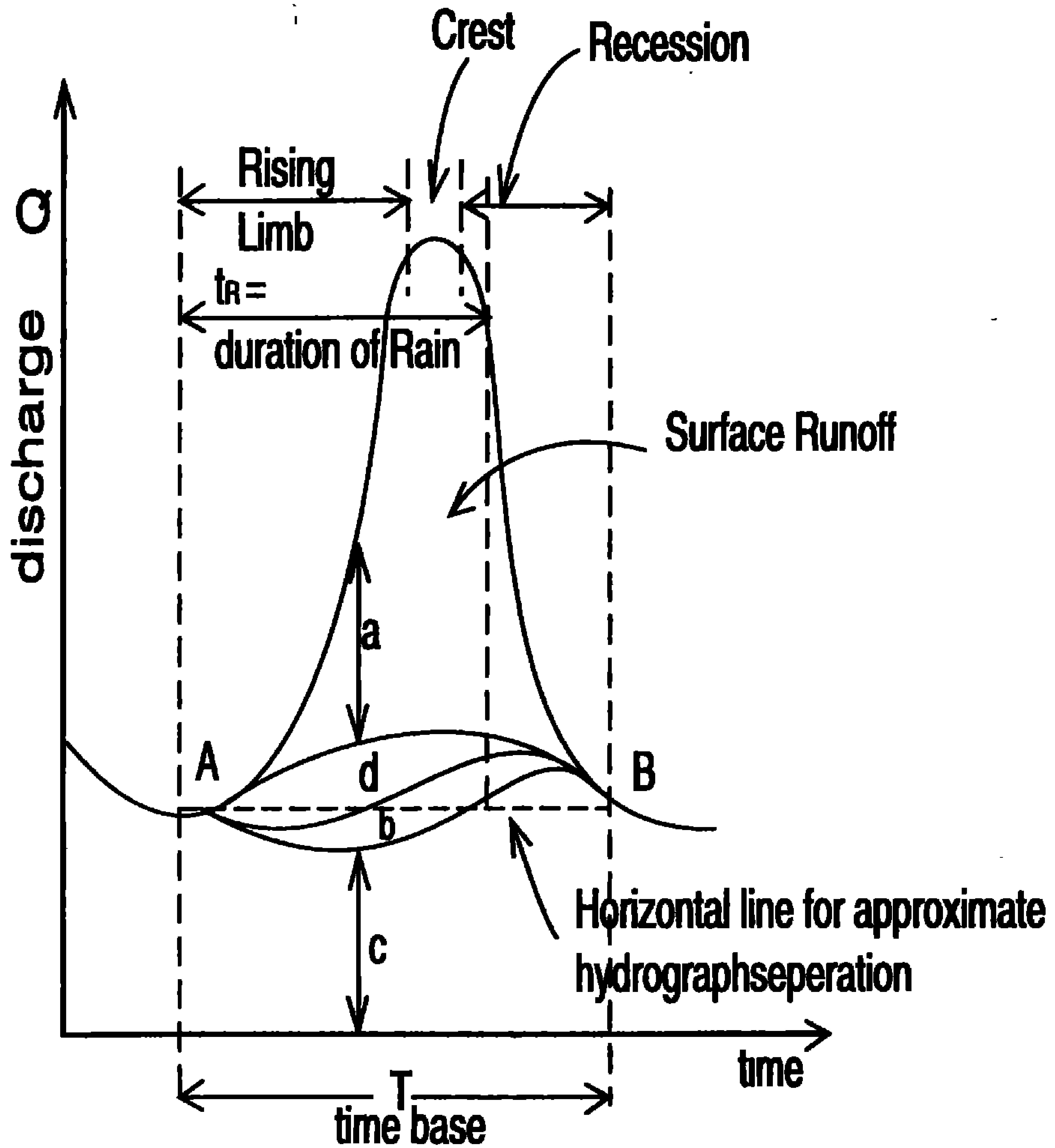
حـ- الطرف الهابط (falling limb)

ويسمى ايضاً بمنحنى الانحسار (Recession curve) ويبين بداية تناقص التخزين ومعدلاته والفترة الزمنية التي تم خلالها الانحسار الى المعدلات العادية اي الى الجريان الاساسي (Base flow).

يتضح مما سبق ان جزء الهيدروكراف الخاص بمنحنى الجريان المباشر (DRH) يعتبر مؤشراً للعاصفة المطرية ولذلك يعمل الهيدرولوجيون على فصل الهيدروكراف الى مكوناته الاساسية وعادة ما يكتفي بفصل الهيدروكراف الى قسمين الاول هو الجزء الخاص بالجريان الاساسي والثاني الخاص بالجريان المباشر.

6-2 فصل مكونات الهيدروكراف

ان المياه المتساقطة تتوزع بعد سقوطها الى المكونات التالية كما في الشكل (7-2):-



الشكل (7-2) مكونات الهيدروكراف

أ- الجريان السطحي (a) . ب- الجريان تحت السطحي(b).

حـ- الجريان الاساسي (c). د- التساقط على المجرى(d).

إن التساقط على المجرى (d) ينتهي بانتهاء فترة التساقط (t_R).

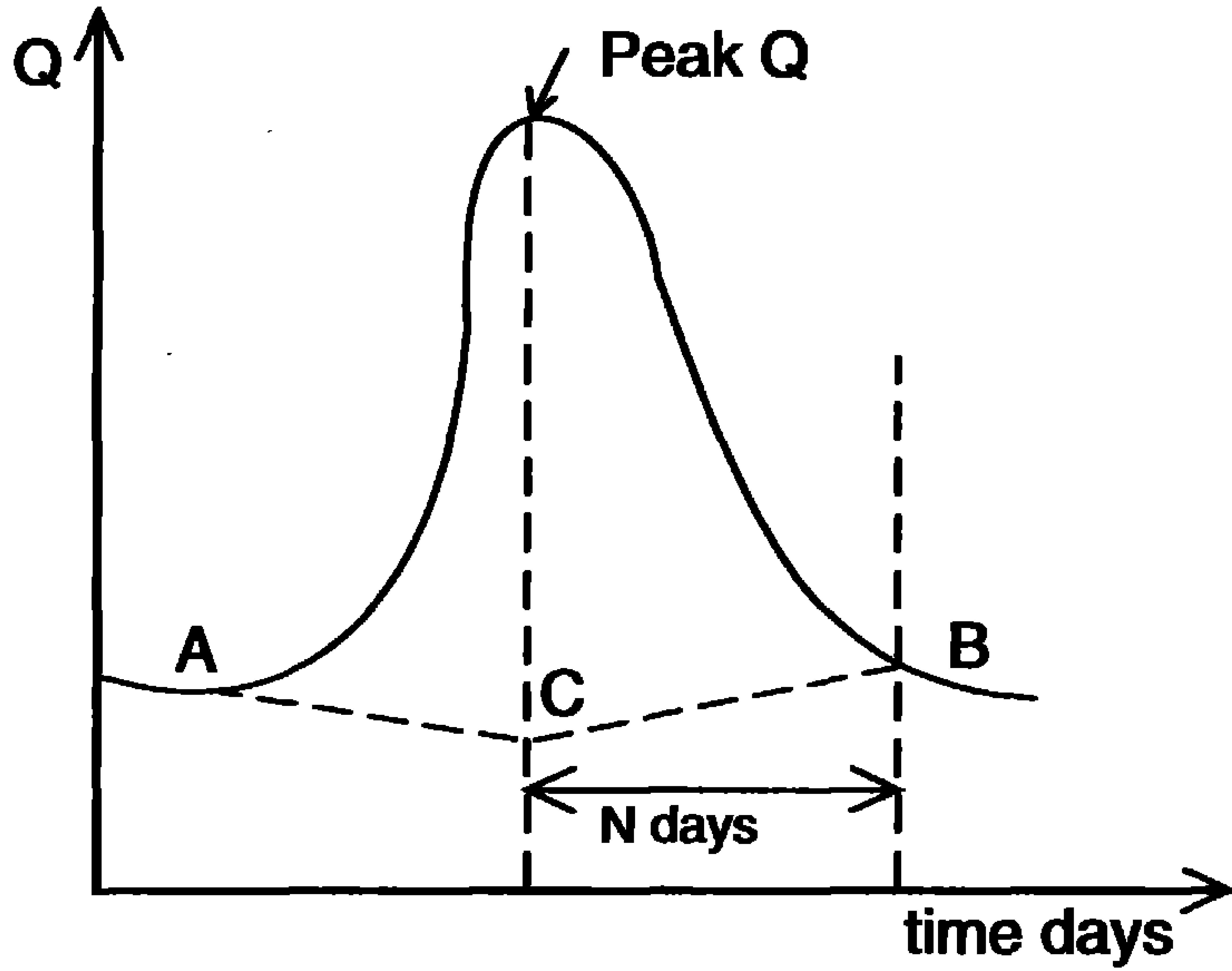
من الناحية العملية لا تكمن المشكلة في تركيب الهيدروكراف لانه يعطى جاهزاً من قبل محطات القياس (gaging station) ولكن العملية المهمة هي

الهيدروكراف الى مكوناته الاساسية. وللسهولة فان جزء التساقط على المجرى وجزء الجريان تحت السطحي يلحقان بالجريان السطحي اي يضافان اليه لتكونا معه عنصراً واحداً هو جريان العاصفة المطرية (Storm runoff). والعملية هي فصل هذا العنصر عن الجريان الاساسي.

ان الوقت الاساسي (time base T) يمكن الحصول عليه بمد خط افقي من نقطة A حيث يبدأ جزء المنحنى الصاعد من هذه النقطة. وبايجاد نقطة تقاطع هذا الخط الافقي مع جزء المنحنى النازل B فان هذا الخط (AB) يمكن ان يعتبر الحد الفاصل بين الجريان السطحي المباشر والجريان الاساسي، وتسمى طريقة الفصل هذه بطريقة الخط المستقيم.

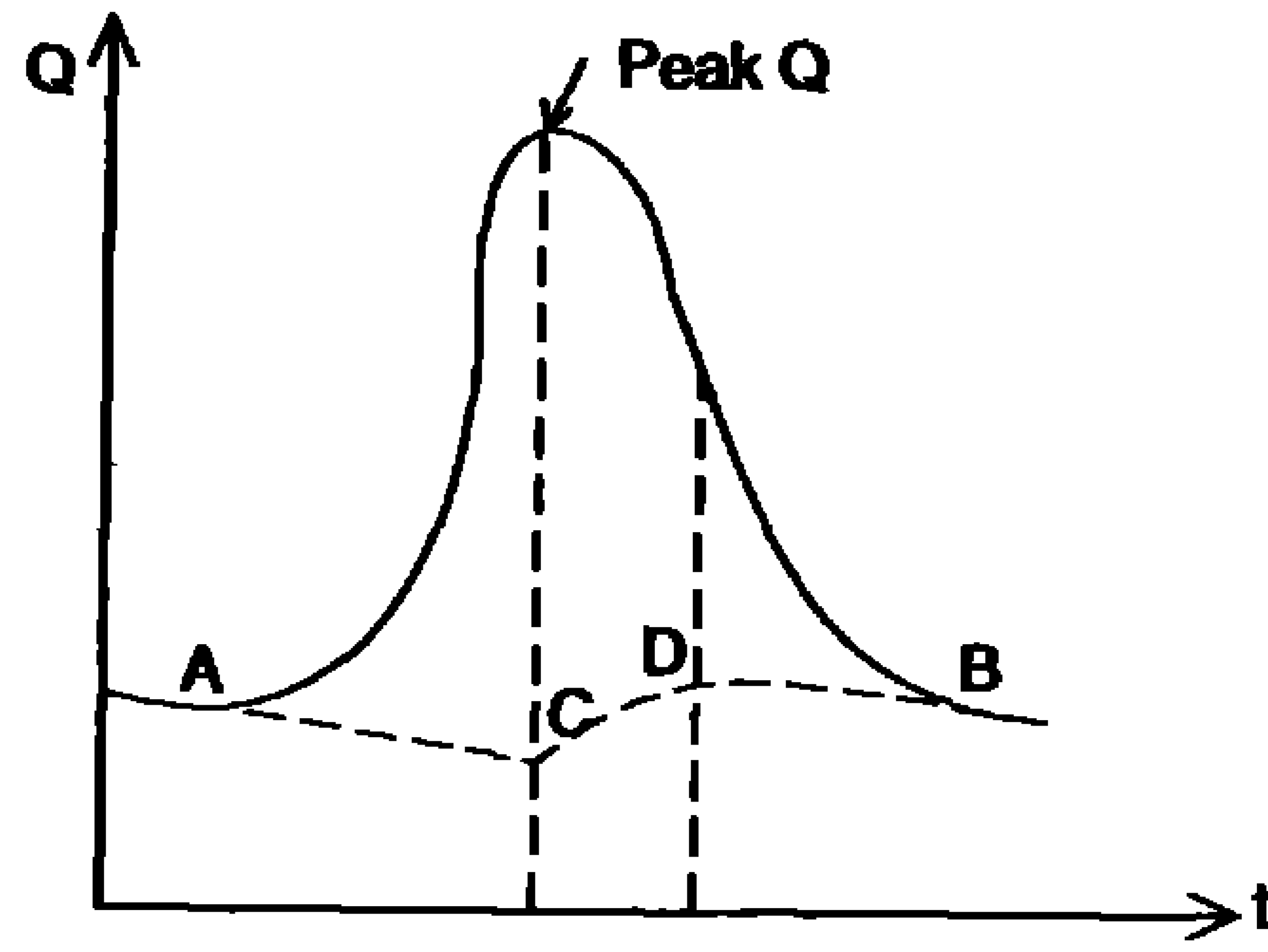
كما توجد طريقة ثانية لفصل مكونات الهيدروكراف هي طريقة الاسقاط وفي هذه الطريقة يمد خط الجريان الاساسي النازل (عند بداية المطر) (The dry recession curve) ليقطع العمود النازل من اعلى نقطة في قمة الهيدروكراف (حيث اعلى تصريف) في نقطة c كما في الشكل (2-8) كذلك تعين نقطة اخرى على الهيدروكراف هي نقطة B لتمثل عدداً من الايام مقداره N ويستخرج من المعادلة : $N=A^{0.2}$ حيث A= مساحة منطقة التساقط بالميل المربع فاذا اوصلنا النقطة B بالنقطة C يتحدد الجريان الاساسي في الشكل تحت الخط (ACB)، اذا كانت A بالكيلومتر المربع فان: $N=0.84\ A^{0.2}$

وتبنى طريقة الاسقاط على اساس ان امتلاء المجرى بالماء اثناء العاصفة المطرية يتسبب الى حد ما في تقليل الجريان الاساسي الى المجرى تدريجياً حتى ينعدم او ينعكس اتجاه الجريان فيكون من المجرى الى جوف الارض.



الشكل (2-8) فصل الهيدروكراف بطريقة الاسقاط

وتوجد طريقة ثالثة تسمى طريقة الميل المتنوع حيث تبنى هذه الطريقة على فرض ان الجريان الاساسي يكون اقل ما يمكن عند نقطة تقع تحت اعلى نقطة في الهيدروكراف ويكون أعلى مستوى له عند نقطة تقع تحت نقطة الانعطاف (Inflection point) حيث يتوقف اي امداد للمجرى من الجريان المباشر، وكما في طريقة الخط المستقيم تحدد النقطتين A و B (الشكل 2-9) ثم يمد خط الجريان الاساسي من نقطة A حتى يقطع العمود النازل من قمة الهيدروكراف في النقطة C ويمد خط الجريان الاساسي من B ليقطع العمود النازل من نقطة الانعطاف في D وبذلك يتحدد الجريان الاساسي للمنطقة بالمساحة الواقعة تحت الخط (ACDB).



الشكل (2–9) فصل مكونات الهيدروكراف بطريقة الميل المتنوع

في الشكل (2–10) يبين منحنى الهايدروكراف لنهر (Potomac) غرب فرجينيا اثناء الفيضان الذي حدث في 17 ابريل 1943، مساحة منطقة التغذية (Drainage area) كانت (3109) ميل مربع وقد تم فصل مكونات الهيدروكراف وكانت النتائج كما يلي:

بطريقة الاسقاط:

$$N = A^{0.2} = (3109)^{0.2} = 5 \text{ days}$$

$$\text{Vol. of direct runoff} = 70.1 \times 10^3 \text{ sfd}$$

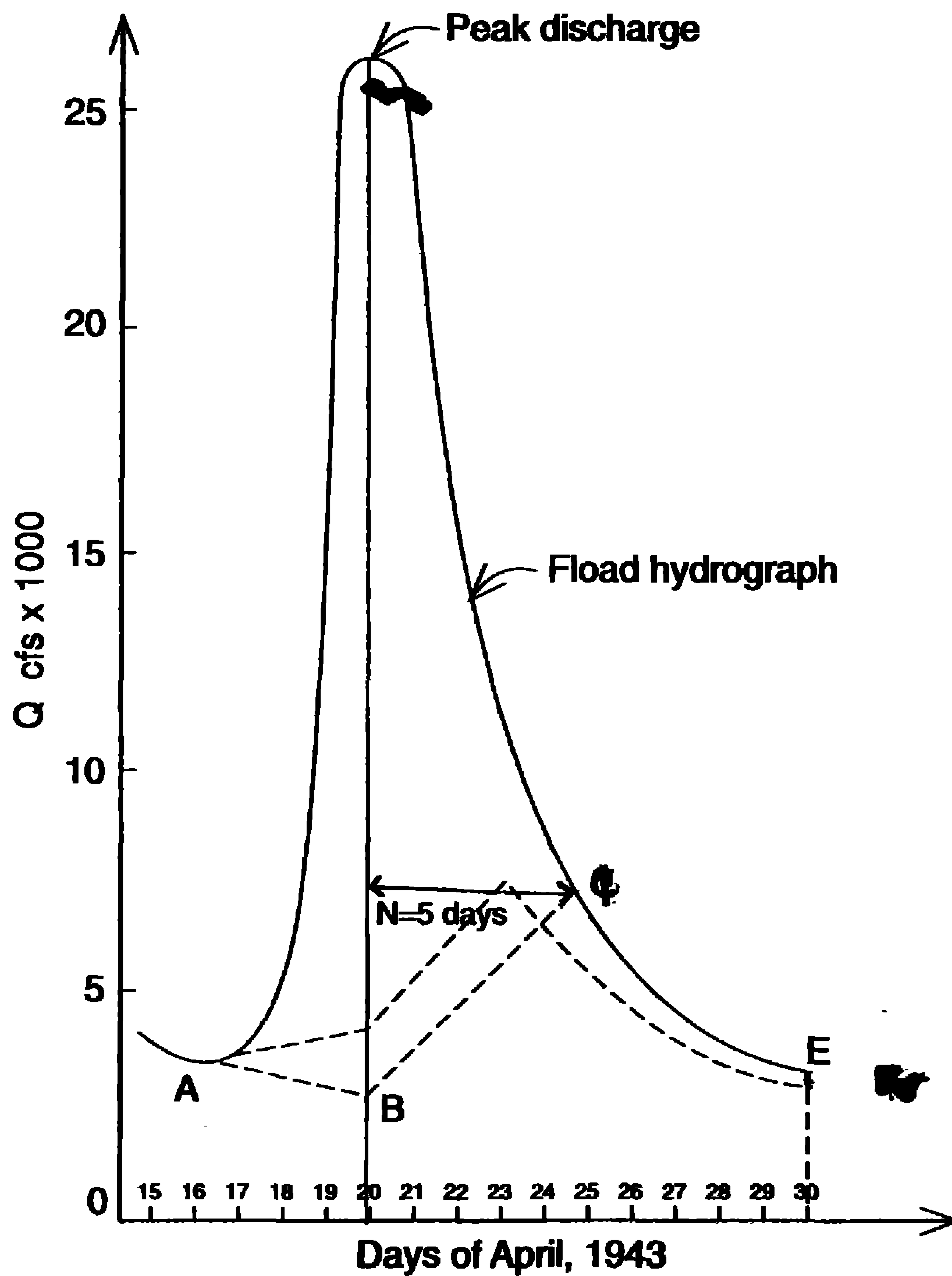
حيث sfd وحدة يقاس بها الجريان السطحي = كمية الجريان السطحي المتجمعة خلال 24 ساعة بتصريف Q = 1 قدم^3/ثا.

حجم الجريان السطحي بالـ (أيكر – قدم) $= \dfrac{24 \times 60 \times 60 \times 10^3 \times 70.1}{43560} = 139 \times 10^3$

(الايكر = 43560 قدم مربع)

عمق الجريان السطحي بالأنج $=$ **$\dfrac{\text{حجم الجريان السطحي}}{\text{مساحة منطقة التغذية}}$**

$$= \frac{12 \times 10^3 \times 139}{640 \times 3109} = 0.84$$ **إنج**



الشكل (2–10) فيضان نهر (Potomac) غرب فرجينيا في (17 ابريل 1943)

7-2 وحدة الهيدروكراف (Unit Hydrograph)

تعرّف وحدة الهيدروكراف بأنها المنحنى المائي الذي يصف معدلات جريان سطحي مقداره انج واحد ناتج من العاصفة المطرية. وبتعبير آخر إذا فرض ان عاصفة مطرية حدثت في منطقة ما وسببت جريانا سطحياً مقداره انج واحد فان المنحنى المائي الذي يصف معدلات الجريان في هذه الحالة يعبر عنه بوحدة الهيدروكراف لهذه المنطقة.

وترتكز نظرية وحدة المنحنى المائي التي وضعها (شيرمن) على انه لا بد ان يحدث تشابه في المنحنيات المائية للعواصف المطرية ذات الخواص المتشابهة طالما ان منطقة التساقط لم تتغير.

وبذلك يمكن القول ان وحدة المنحنى المائي لمنطقة ما تعتبر منحنياً نمطياً للمنطقة يؤخذ كوحدة قياسية تتضاعف طردياً حسب حجم الجريان السطحي الناتج من العواصف المطرية على هذه المنطقة، بمعنى انه اذا حدث جريان سطحي بقدر (2) إنج فيمكن من خلال مضاعفة احداثيات التصريف لوحدة الهيدروكراف الحصول على المنحنى المائي الذي يصف معدلات الجريان في هذه الحالة.

ولايجاد وحدة الهيدروكراف يجب ان نجمع اكبر عدد ممكن من البيانات الخاصة بالامطار في المنطقة موضوع الدراسة بحيث نختار منها تلك التي تتعلق بالعواصف المطرية المنفردة والتي تتميز بتوزيع متجانس على المنطقة خلال فترة تساقط مطري معين وهذا يفترض ان العواصف المطرية التي تسقط على منطقة ما وتتماثل في فترات تساقطها رغم اختلاف مقدار الجريان السطحي الناتج عن كل منها تشترك مع وحدة الهيدروكراف في الوقت الاساسي وذلك في الجزء من المنحنى المائي الخاص بالجريان المباشر، وبذلك

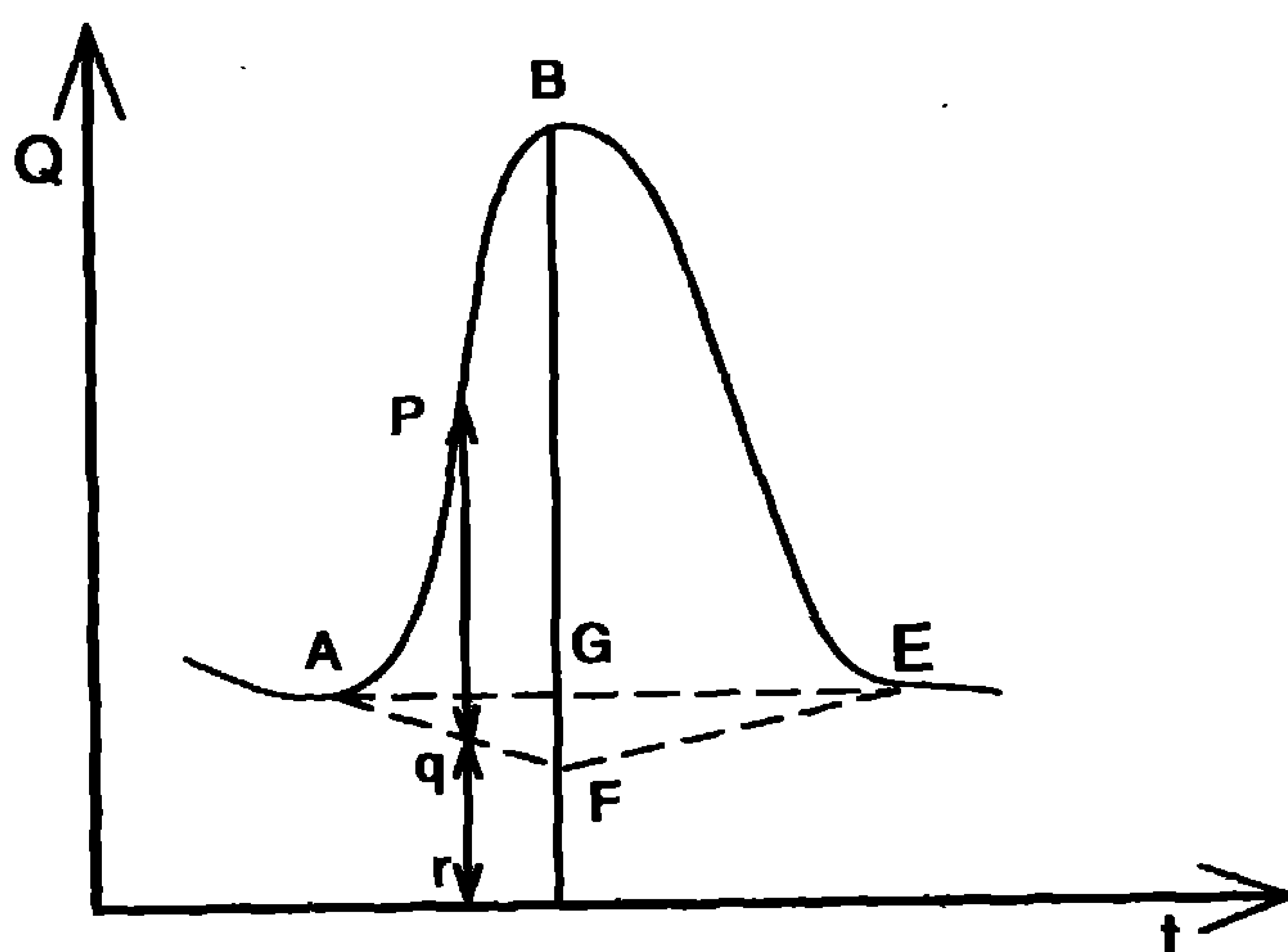
تكون الفترة المطرية لوحدة الهيدروكراف هي الفترة الزمنية نفسها التي ينتج عنها جريان سطحي. وفيما يلي خطوات اختزال المنحنى المائي للعاصفة المطرية الى وحدة الهيدروكراف:

1- ارسم المنحنى المائي (Flood hydr) للعاصفة المطرية المختارة.

2- حدد منحنى الجريان الاساسي باحدى طرق الفصل التي مر ذكرها.

ومن منحنى الجريان الكلي استخرج احداثيات الجريان المباشر (DRO) وذلك بطرح كميات الجريان الاساسي من الجريان الكلي، ففي الشكل (2-11) يطرح احداثي الجريان الاساسي qr من احداثي الجريان الكلي (pr) للحصول على احداثي الجريان السطحي المباشر (pq) .

3- جد حجم مياه الجريان السطحي والتي تساوي المساحة التي تحت منحنى الجريان السطحي المباشر.



الشكل (2-11) ايجاد وحدة الهيدروكراف

4- جد عمق الجريان السطحي المقابل لذلك الحجم بقسمة الحجم على مساحة منطقة التغذية وعمق الجريان السطحي هذا هو ايضاً عمق التساقط المؤثر على للمنطقة، مع ملاحظة فترة التساقط المطري.

5- اقسم كل احداثي من احداثيات التصريف للجريان المباشر (DRO) على عمق التساقط. فتكون الاحداثيات الناتجة هي احداثيات وحدة الهيدروكراف.

6- إن عمق الجريان السطحي المباشر او عمق التساقط المؤثر يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

عمق الجريان المباشر= $\frac{\Sigma O \text{ x } t}{A}$ 0.36 x (بالسنتيمتر)

حيث ΣO = مجموع إحداثيات التصريف للجريان السطحي المباشر (بالمتر المكعب/ ثا)

t = مقدار الوقت بين احداثي وآخر مجاور (بالساعة).

A = مساحة منطقة التغذية (بالكيلو متر المربع).

وستكون إحداثيات وحدة الهيدروكراف = $\frac{\text{احداثي الجريان المباشر}}{\text{عمق الجريان المباشر}}$

ويفضل اختيار عدد من العواصف المطرية البسيطة الفردية على المنطقة الواحدة واختزال منحنياتها المائية الى وحدة الهيدروكراف. ثم ايجاد معدل هذه الوحدات ليكون هو وحدة الهيدروكراف التي تمثل تلك المنطقة.

أمثلة على استخراج وحدة الهيدروكراف واستعمالاتها.

مثال 2-1

مساحة منطقة التغذية = 230 كيلو متر مربع، فترة تسجيل البيانات للعاصفة المطرية الساقطة عليها هي كل (6) ساعات، وكان الجريان السطحي والجريان الاساسي للعاصفة في المنطقة كما مبين في الجدول ادناه، جد احداثيات وحدة الهيدروكراف.

الحل:

العمود (1) في الجدول يمثل الجريان الكلي (م3/ثا) تم تسجيله من البيانات .

العمود (2) يمثل الجريان الاساسي (م3/ثا) تم حسابه بالطرق المذكورة آنفاً.

العمود (3) = قيم العمود (1) – قيم العمود (2) ويمثل الجريان السطحي.

العمود (4) = $\frac{\text{قيم العمود (3)}}{\text{عمق الجريان السطحي}}$ ويمثل احداثيات وحدة الهيدروكراف.

عمق الجريان السطحي بالسم = $\frac{\text{مجموع قيم العمود(3)} \times t}{A}$ 0.36x

$= 0.36x\ \frac{6 \times 997}{230}$

= 9.36سم

	1	2	3	4
time hrs	total flow (m^3/sec)	B.f (m^3/sec)	D.R (m^3/sec)	U.H.Ord.
15 July 0	15	15	0	0
600	190	10	180	19.22
1200	305	5	300	32.05
1800	227	7	220	23.05
16 July 0	148	8	140	14.95
600	94	9	85	9.08
1200	61	11	50	5.35
1800	35	13	22	2.35
17 July 0	15	15	0	0

Σo=997 Cumecs

مثال 2-2

مساحة منطقة التغذية = 40 ميل مربع، فترة تسجيل البيانات للعاصفة المطرية الساقطة هي كل (2) ساعة، وكانت قيم الجريان الكلي والجريان الاساسي كما مبين في الجدول ادناه. جد إحداثيات وحدة الهيدروكراف.

الحل: في الجدول التالي:

العمود (1) يمثل الجريان الكلي قد^3/ثا (قيمة متوفرة).

العمود (2) يمثل الجريان الاساسي قد3/ثا (قيمة متوفرة).

العمود (3) يمثل الجريان السطحي قد3/ثا= قيم العمود (1) - قيم العمود(2)

حجم الجريان

السطحي بوحدة الـ Sfd = $\dfrac{\text{مجموع قيم العمود (3)} \times 2\ \text{ساعة}}{24\ \text{ساعة}}$

$= \dfrac{2 \times 59850}{24\ \text{ساعة}} = 4988$ Sfd

عمق الجريان السطحي = $\dfrac{\text{حجم الجريان السطحي قد}^3}{\text{المساحة بالقدم المربع}} \times 12$

$= \dfrac{86400 \times 4988}{40(5280)^2} \times 12 = 4.63$ أنج

احداثيات وحدة الهيدروكراف = $\dfrac{\text{قيم العمود (3)}}{\text{عمق الحريان السطحي}}$

Date	Hrs	total flow	Base flow	Direct Run -off	U.H.Ordin -ates
16 Feb.	6.00	500	500	0	0
	8.00	5600	450	5150	1112
	10.00	9200	400	8800	1900
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
17 Feb.	24.0	3300	600	2700	585
	2.0	2700	600	2100	455
	4.0	2300	650	1650	360
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	16.0	800	800	0	0

total = 59850 cfs

مثال 2-3 ادناه البيانات الخاصة بثلاث وحدات هيدروكراف لمنطقة معينة جد معدل هذه الوحدات ليمثل وحدة الهيدروكراف للمنطقة علماً بأن مساحتها 3.5 ميل مربع.

الحل:

1- جد معدل التصريف الاعلى

$$\text{Av. Peak Q} = \frac{500+465+440}{3}$$

$$= 468 \text{ Cfs}$$

2- جد معدل الوقت لأعلى تصاريف

$$\text{tav.} = \frac{3+4+5}{3} = 4 \text{ hrs}$$

3- ارسم معدل وحدات الهيدروكراف حيث يمر في نقطة معدل التصريف الاعلى وجريانه السطحي مقداره انج واحد.

4- جد معدل الجريان الكلي للعواصف الثلاث:

Hrs	1(cfs)	2(cfs)	3(cfs)
0	0	0	0
1	110	25	16
2	365	125	58
3	500	358	173
4	390	465	337
5	390	405	440
6	235	305	400
⋮	⋮	⋮	⋮
15			
total	2452	2416	2412

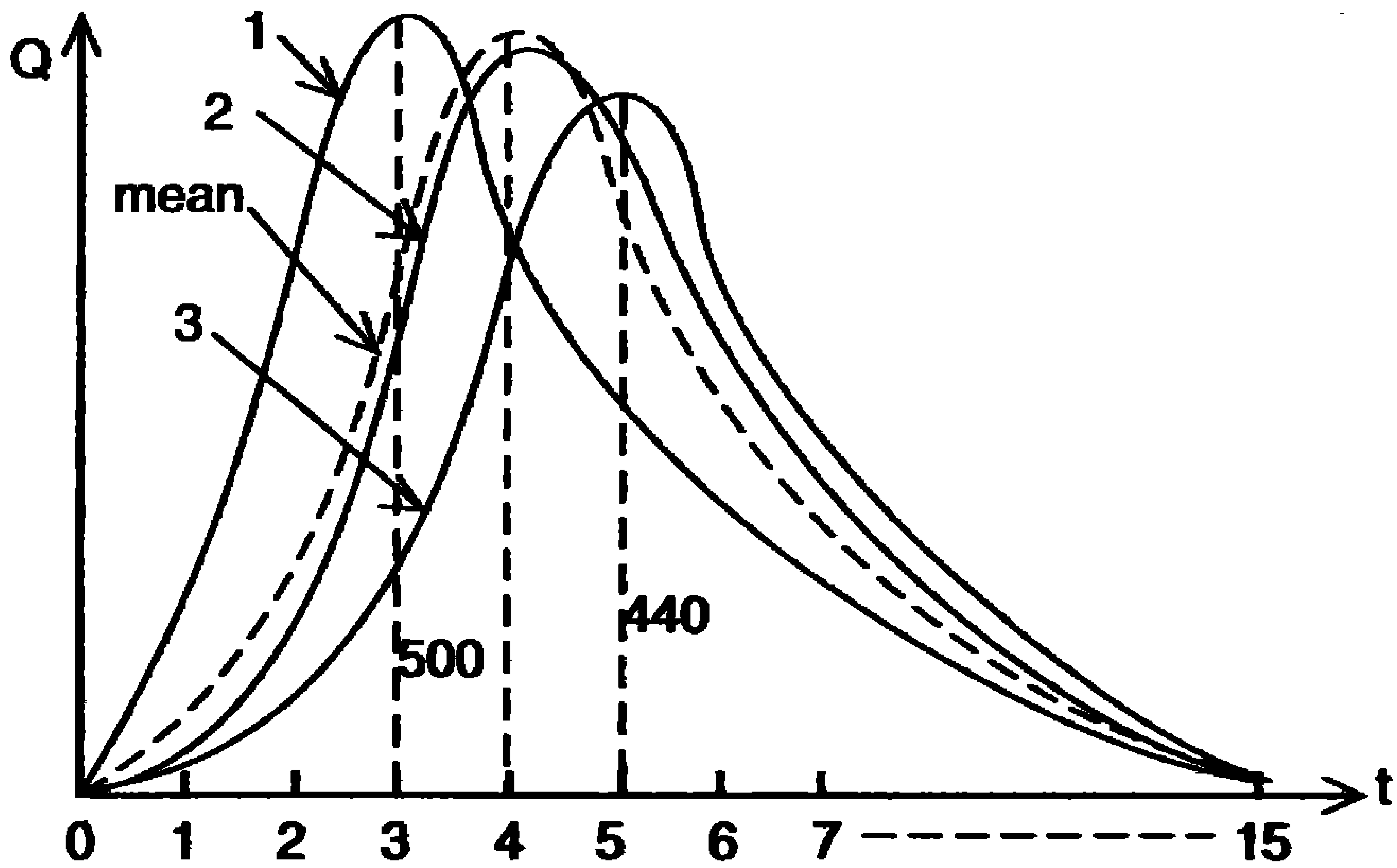
$$\frac{2452+2416+2412}{3} = 2427 \text{ قدم}^3/\text{ث}$$

وهذا يمثل الجريان الكلي لوحدة الهيدروكراف الجديدة.

5- احسب الجريان الكلي لوحدة الهيدروكراف الجديدة من حساب المساحة تحت المنحنى الخاص بها والذي رسم في الخطوة (3) اعلاه. ويتم ذلك بضرب مقدار احداثي التصريف للهيدروكراف الجديد (الاحداثي العمودي) × الاحداثي الافقي (والذي يساوي في هذا المثال ساعة واحدة). وفي هذه الحالة تكون المساحة مساوية لمجموع الاحداثيات العمودية للساعات من 1 الى 15. فاذا كان هذا المجموع مساوياً لحجم الجريان الكلي للوحدة الجديدة الذي تم حسابه في الخطوة (4) اعلاه ومقداره 2427 قد^3/ثا فان طريقة رسمه صحيحة إما اذا كان لا يساويه فيعدل المنحنى صعوداً أو نزولا حتى يساويه. (الشكل 2-12).

6- الحجم الكلي للوحدة الجديدة بالـ Sfd = $\frac{1 \times 2427}{24}$ = sfd 1020

عمق الجريان السطحي d = $\frac{86400 \times 1020}{(5280)^2 3.5}$ × 12 = 1 أنج (OK)



الشكل (2-12) حساب معدل وحدة الهيدروكراف

طريقة سنيدر لحساب وحدة الهيدروكراف Snyder method

تستعمل طريقة سنيدر للحصول على وحدة الهيدروكراف وباستعمال المعادلات التالية:

1- معادلة ايجاد زمن التجمع أو التركيز tp (من بداية التساقط حتى بلوغ أعلى تصريف) لاحظ الشكل (13-2) حيث ان:

$$t_p = C_t (L.L_c)^{0.3}$$

حيث tp = وقت التركيز

Ct = معامل ثابت

=0.5 للاراضي المستوية

=2.0 للأراضي المتموجة

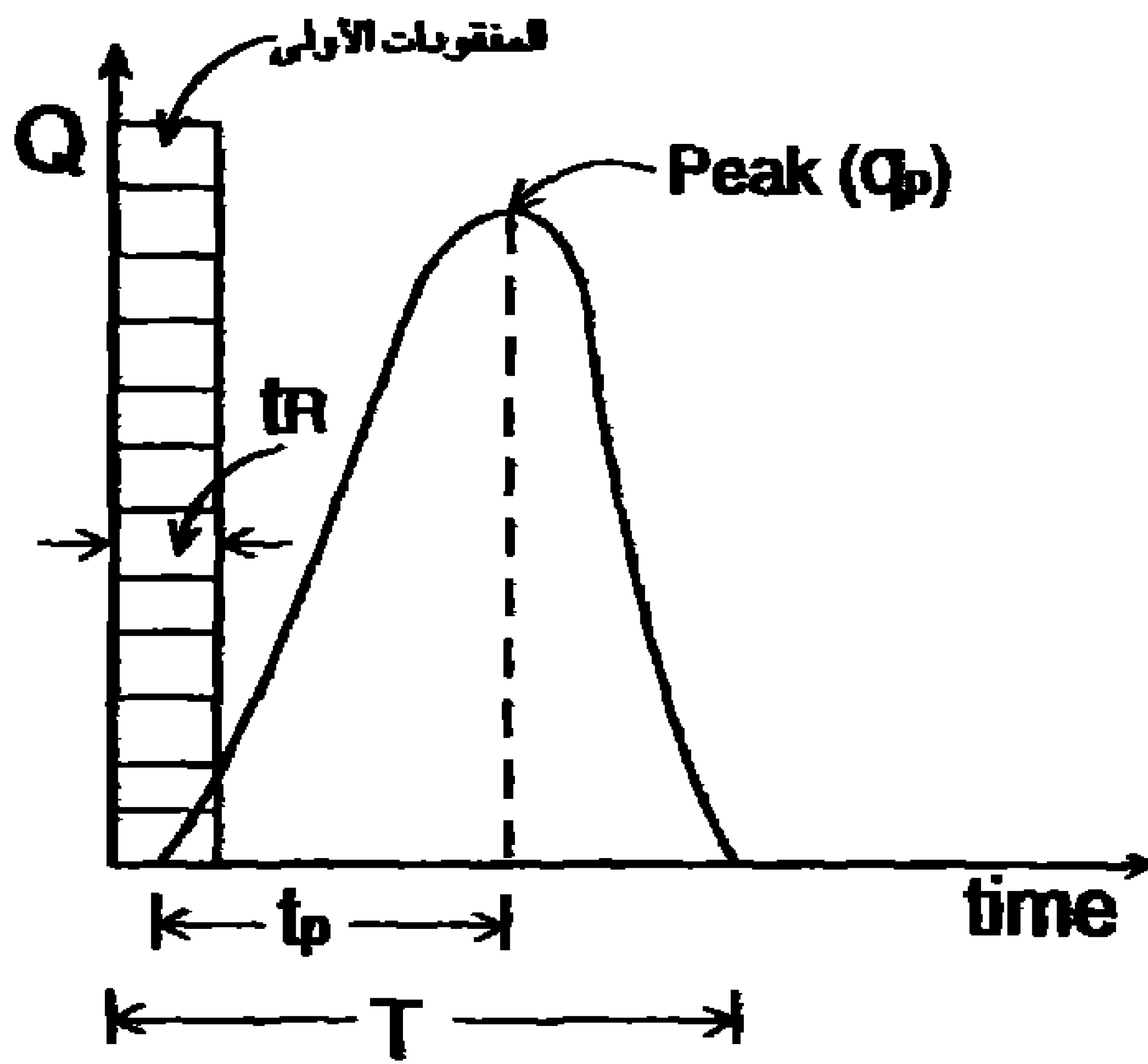
= 1.5 للأراضي شديدة الانحدار

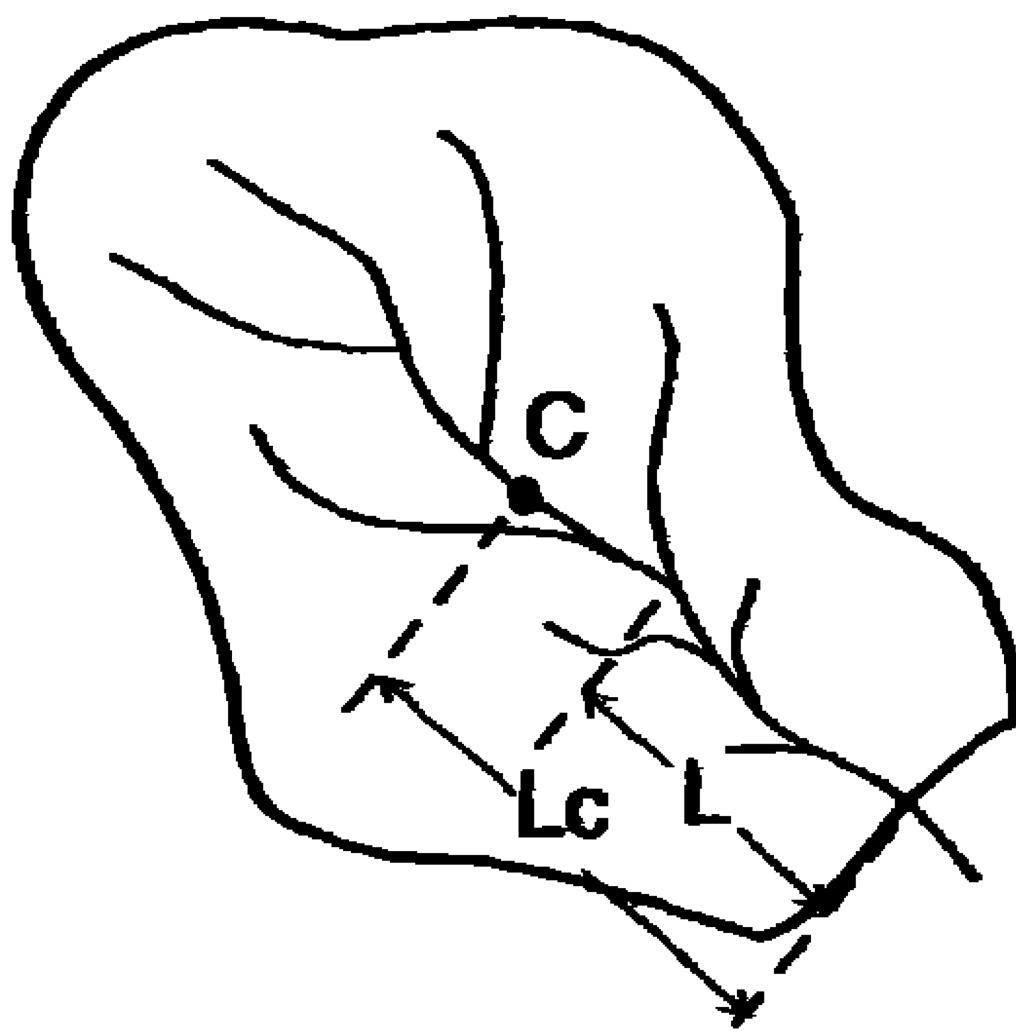
c = مركز منطقة التغذية

L = طول النهر من النقطة التي يبدأ منها بتصريف ثابت تقريباً حتى نهاية منطقة التغذية بالميل.

Lc = طول النهر من مركز منطقة التغذية حتى نهايتها بالميل.

t_R = الفترة الزمنية من بدء سقوط الامطار حتى بدء الجريان السطحي اي بعد انتهاء المفقودات باعتراض النباتات وامتلاء المنخفضات السطحية.





الشكل (13-2) طريقة سنيدر

$t_R \approx \frac{tp}{5.5}$ وتبدأ (tp) من منتصف tR

2- معادلة ايجاد اقصى تصريف (qp) للعاصفة المطرية:-

$$qp = \frac{640\ CpA}{tp}$$

حيث qp = اقصى تصريف للعاصفة المطرية

A= مساحة منطقة التغذية بالميل المربع = (الميل المربع = 640 أيكر).

Cp = ثابت يعتمد على التكوين الجيولوجي للمنطقة = 0.56 الى 0.69

3- معادلة ايجاد الزمن الاساسي (T) بالايام: $T = 3 + 3\frac{tp}{24}$

مثال 2-4:

منطقة تغذية مساحتها 140 ميل مربع، طولها من المركز Lc=12 ميل وطولها من استقرار التصريف في النهر L=10 ميل. الثابت Ct= 2 ، الثابت Cp= 0.6، tR= 3 ساعات. جد وحدة الهيدروكراف للمنطقة باستعمال طريقة سنيدر.

الحل:

$$tp = ct\ (L.Lc)^{0.3} = 2.0\ (10 \times 12)^{0.3} = 8.4 \quad hrs$$

$$qp = \frac{640 \times 0.60 \times 140}{8.4} = 640\ \ cfs$$

$$T = 3 + 3 \times \frac{8.4}{24} = 4.05\ days$$

لاحظ ان الوقت الاساسي بالايام في حين وقت التركيز بالساعات.

المعادلة بالنظام المتري $q_p = \frac{CpA}{tp}$

حيث q_p بالمتر المكعب بالثانية

A المساحة بالكيلومتر المربع

Cp ثابت = 4.0 – 5.0

مثال 2–5 :

منطقة تغذية مساحتها 3200 كم2 وسجلت البيانات لعاصفة مطرية كل 12 ساعة (صباحاً ومساءاً) كما مبين في الجدول التالي. جد وحدة الهيروكراف للمنطقة.

	1 st. day		2 nd day		3 rd day		4 th day	
Period:	M	E	M	E	M	E	M	E
Total peak:	180	1390	3340	2120	1168	700	410	240
Base flow:	180	190	190	200	218	220	230	240
Flood hydro:	0	1200	3150	1920	950	480	180	0

$\therefore \quad \Sigma$ **Flood = 7880 m^3 / sec**

$$\text{total Runoff} = \frac{12}{24}\left[\frac{0+1200}{2} + \frac{1200+3150}{2} + \frac{3150+1920}{2} + \frac{950+480}{2} + \frac{480+180}{2} + \frac{180+0}{2}\right]$$

$$= \frac{1}{2}(7880) = 3940 \text{ cumecs.day}$$

$$\text{Volume of water} = 3940 \times 24 \times 60 \times 60 = 3940 \times 86400 \text{ m}^3$$

$$\text{depth of runoff } d = \frac{V}{A} = \frac{3940 \times 86400}{3200 \times 10^6} \times 10^3 = 106 \text{ mm}$$

وهذا يعني أن الهيدروكراف الكلي ناتج من جريان سطحي مقداره 106 ملم منتشر على مساحة 3200كم2. ولان وحدة الهيدروكراف ناتجة من جريان سطحي مقداره 25 ملم عليه فان كل احداثي عمودي (قيم التصريف) من الهيدروكراف الكلي يجب ان تقسم على عدد وحدات العمق الكلي للجريان السطحي والتي تساوي $\frac{106}{25} = 4.24$ وحدة.

اذن فان احداثيات وحدة الهيدروكراف ستكون كما يلي:-

اليوم الاول M: $\frac{\text{صفر}}{4.24}$ = صفر م3/ث ، E: $\frac{1200}{4.24} = 283$ م3/ث

اليوم الثاني M: $\frac{3150}{4.24} = 743$ م3/ث ، E: $\frac{1920}{4.24} = 452$ م3/ث

اليوم الثالث M: $\frac{950}{4.24} = 224$ م3/ث ، E: $\frac{480}{4.24} = 113$ م3/ث

اليوم الرابع M: $\frac{180}{4.24} = 43$ م3/ث ، E: $\frac{\text{صفر}}{4.24}$ = صفر م3/ث

8-2 الثلوج

لغرض تقدير الجريان السطحي للذوبان الثلجي (snow melt Runoff) ينبغي عمل مسح شامل للمنطقة الثلجية لمعرفة اعماق الطبقات الثلجية لمختلف اماكن منطقة التساقط، إضافة الى تقدير الكثافة الثلجية في هذه الطبقات. وكثافة الثلج هي النسبة بين حجم الماء الذائب من عينة ثلجية الى حجم هذه العينة.

تعتمد عملية ذوبان الثلج على كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويله من صلب الى سائل وعلاقة هذه الطاقة بالعوامل التي تحكم النقل الحراري في الجو إلى الطبقات الثلجية. ويقدر معامل التوصيل الحراري للثلج (K) بمعرفة كثافته (ψ) وذلك باستعمال المعادلة التالية: -

$$K= 0.012 + 0.46\,\psi + 1.45\psi^2$$

وتبسط هذه المعادلة الى علاقة خطية اذا كانت كثافة الثلج أقل من 0.4 لتصبح كما يلي:- $K= 0.554\,\psi$

وبمعرفة معامل التوصيل الحراري للثلج يمكن حساب الطاقة الحرارية (H) التي تستهلك في اذابة وزن معين من الثلج في فترة زمنية (t) وتحت ظروف درجة حرارة ثابتة لطبقات الثلج تحت السطحية (T_1) ودرجة حرارة عند سطح الطبقة الثلجية (T_2) تتغير بتغيير الظروف الجوية المحيطة بالسطح وذلك من خلال المعادلة:-

$$H= \frac{2\Delta T\sqrt{K\rho\eta t}}{\sqrt{\pi}}$$

حيث $T_2-T_1 = \Delta T$

η= الحرارة النوعية (Specific heat) للثلج وتساوي 0.05

ρ = كثافة الثلج للقدم المكعب = 62.4 ψ

فاذا اعتبرنا كثافة الثلج اقل من 0.4 يمكن تبسيط المعادلة الى:

$$H= 4.67\ \Delta T\sqrt{t}$$

يذوب الثلج نتيجة عوامل عديدة نذكر أهمها:-

1- التبادل الحراري بين الهواء وطبقات الثلج

يتم النقل الحراري بين الهواء وطبقات الثلج بالتوصيل الحراري من طبقة الهواء الثابتة والملامسة لسطح الثلج بالاضافة الى الحمل الحراري (Convection) الذي يحدث بين الهواء المتحرك وسطح الثلج ويمكن تطبيق المعادلة السابقة في حالة التوصيل الحراري على أساس ان الثوابت ρ,η,K للهواء عند درجة حرارة 40° ف هي 0.01، 0.24، 0.08 على التوالي وبذلك تكون الطاقة الحرارية المنقولة بالتوصيل الحراري من الهواء الثابت الى سطح الثلج كما يلي:

$$H=0.015 \ \Delta T \sqrt{t}$$

أما التبادل الحراري بالحمل فيمكن تقدير عمق ذوبان الثلج نتيجته بالمعادلة التالية:

$$D= KV_w (Ta- 32)$$

حيث D = عمق الذوبان الثلجي خلال ست ساعات بسبب الحمل

K = ثابت = 0.001

V_w= سرعة الريح (ميل/ساعة)

Ta= درجة حرارة الهواء ف°

ولحساب الطاقة الحرارية المنقولة بالتوصيل من سطح الارض الى الطبقات الثلجية المتراكمة فوقها نتيجة سريان الحرارة المخزونة في طبقات الارض اثناء موسم الصيف الى أعلى يمكن استعمال المعادلة:

$$H=\frac{2\Delta T\sqrt{K\rho\eta t}}{\sqrt{\pi}}$$

حيث K= معامل التوصيل الحراري للتربة

ρ= كثافة التربة للقدم المكعب

η= الحرارة النوعية للتربة

2- الذوبان بالاشعاع الشمسي (Radiation)

ويمكن تقديره بالمعادلة التالية:

$$D=D_0\,(1-0.75\,m)$$

حيث D= عمق الذوبان الثلجي خلال 12 ساعة بسبب الاشعاع الشمسي

D_0= عمق الذوبان الثلجي خلال 12 ساعة عندما يكون الجو مشمساً

m= درجة الغيوم في السماء وتتراوح بين صفر عندما يكون الجو مشمساً الى (10) درجات عندما يكون الجو غائماً كلياً.

3- الذوبان نتيجة التساقط المطري (Rain fall)

ويعتبر هذا الذوبان اهم عمليات الذوبان الثلجي بالنسبة لاعمال الفيضان وذلك لان عمليات الذوبان الاخرى تهمل اثناء التساقط المطري لصغر قيمتها نسبياً . ويقدر هذا الذوبان بالمعادلة:-

$$D=\frac{P\,(Ta-32)}{144}$$

حيث D= عمق الذوبان الثلجي بالانج

P = عمق المطر بالانج

Ta= درجة حرارة الهواء أو درجة حرارة ماء المطر.

4- النوبان الثلجي نتيجة التكاثف البخاري (Condensation) ويمكن تقديره بالمعادلة التالية:

$$D = kv\ (e-6.11)$$

حيث D = عمق النوبان الثلجي خلال ست ساعات بسبب التكاثف

V = سرعة الرياح (ميل بالساعة)

e = ضغط البخار (ملليبار).

k = عامل ثابت يتراوح بين 0.032 –0.0058.

الفصل الثالث

أعمال السيطرة في مناطق التغذية

1-3 مقدمة

أن أهم اعمال السيطرة على الفيضان هي الاعمال التي ينبغي القيام بها في المناطق التي تعتبر مصدراً لمياه الفيضان اي ما يسمى بمناطق التغذية (catchment area) أو (Drainage area). اذ من الطبيعي ان تكون الوقاية خيراً من العلاج، فمواجهة الفيضان وهو في المهد أيسر كثيراً من مكافحته او السيطرة عليه بعد نموه وتركز مياهه وانحدارها خارج مناطق التغذية.

ان مصادر المياه الفيضانية الاكثر خطراً هي الامطار وخاصة عندما يصاحبها نوبان في الثلوج وارتفاع في رطوبة التربة. أو هطول الامطار بغزارة وبكثافة عالية في اوقات قصيرة.

عند بدء سقوط الامطار على مناطق التغذية وزيادة معدلاتها على سرعة امتصاص التربة للمياه تبدأ المياه الفائضة بالتجمع والتركز بعد فترة قليلة في الوديان والمنخفضات والمجاري الصغيرة وتنمو شيئاً فشيئا حتى تسلك مجرى واحداً رئيسياً أو أكثر على هيئة موجة كبيرة ذات سرعة عالية تصعب السيطرة عليها وهي في هذه القوة. فاذن لا بد من اتخاذ الاجراءات الممكنة التي من شأنها تجزئة الموجة الفيضانية والحيلولة دون تجمعها وتركيزها والتقليل من سرعة جريانها اي بمعنى اخر زيادة وقت التركيز الى أقصى ما يمكن.

ان خطر الفيضان لا ينحصر بالانسان وحده بل يشمل كل ما يواجه الموجة في طريقها. واول ضحايا الفيضان هي التربة في منطقة التغذية نفسها حيث تتعرى نتيجة انجرافها بواسطة الجريان السطحي السريع.

كما ان تعرية التربة لا تسبب في فقدان التربة كلياً او جزئياً فحسب بل ان ما تم تعريته من الترب سيترسب في اماكن اخرى يمكن ان تكون مواقع مثالية لاقامة السدود والخزانات الكبيرة المفيدة في تخزين المياه للوقاية من خطرها

والاستفادة منها في مواسم الجفاف. كما ان التربة المعراة قد تترسب في الخزانات التي تم إنشاؤها فعلاً او تترسب في مجاري الانهار والقنوات مؤدية الى موتها نهائياً او جزئياً.

وقد خصص هذا الفصل لدراسة اعمال تجزئة مياه الفيضان وسلبها طاقتها الحركية وتقليل سرعتها ومنعها من تعرية التربة وتجدر الاشارة هنا الى ان هذه الاعمال تعتبر في غاية الاهمية لفعاليتها الاكيدة في السيطرة على الفيضان وهو في ساعاته الاولى قبل ان يستفحل وتصعب السيطرة عليه.

2-3 تجزئة المياه الجارية وتشتيتها(Runoff Dispersion)

ان منع الامطار من الهطول بغزارة او الثلوج من الذوبان امر بعيد المنال فالفيضان امر واقع غير محدود الزمان او المكان او الكمية ويجب التركيز اولاً في طرق سلبه قوته وكميته وعنصر المباغتة لديه.

ولا أظن اننا بحاجة الى اثبات فعالية تجزئة مياه الفيضان وتشتيتها في السيطرة عليها فهي من البديهيات. اذ ان السيطرة على الجزء ايسر من السيطرة على الكل وان قوة الجزء اقل من قوة الكل وهكذا...

كما ان التجزئة والتشتيت لمياه الفيضان عند ولادتها اسهل واقل كلفة منه بعد تجمعها وتركزها وخروجها من مناطق التغذية. وهذا ايضا من البديهيات لا يحتاج الى اثبات. فمواجهة الفيضان في عقر داره افضل من الدفاع عن النفس منه وهو في اوج قوته.

ويمكن تجزئة مياه الفيضان في مناطق التغذية بالطرق التالية:

1- تحويل جزء من المياه الى الخزانات الارضية (Underground Reservior).

2- تحويل جزء آخر من المياه الى الخزانات السطحية (Surface Reservior).

3- اقامة سدود صغيرة منتشرة في انحاء منطقة التغذية.

4- تقسيم مناطق التغذية الى وحدات صغيرة.

وفيما يلي شرح مفصل لمدى التأثير الايجابي لهذه الطرق وكيفية تنفيذها.

3-3 الخزانات الارضية(Under- Ground Reservior)

يستفاد من طبقات الارض تحت التربة كخزانات للمياه ذات سعة تخزينية عالية. تخزن مياه الفيضان تحت الارض اذا توفر الوقت الكافي لنفوذ المياه خلال طبقات التربة اضافة الى الادارة الجيدة للمياه ولهذه الخزانات . تتميز الخزانات الارضية عن غيرها بخواص تشجع على التوسع في عمليات التخزين تحت التربة واهمها:

1- الطاقة الاستيعابية للخزانات الارضية التي تفوق كثيراً نظيراتها من الخزانات السطحية.

2- عدم فقدان الخزانات الارضية لسعتها التخزينية نتيجة الترسبات التي تحصل لغيرها من الخزانات السطحية مما يجعلها خزانات دائمة الحياة.

3- امكانية انتشار المياه المخزونة فيها على اكبر مساحة تحت الارض مما يسهل الاستفادة منها لكافة الاغراض بطرق الضخ أو تفجر الينابيع او حفر الابار الارتوازية والنبعية.

4- ندرة الاماكن الملائمة لانشاء الخزانات السطحية وتناقص عددها بمرور الوقت بموت الكثير من الخزانات السطحية القائمة نتيجة الطمى الوارد اليها من مياه الفيضان.

5- ابتعاد مياه الخزانات الارضية عن مصادر التلوث كافة وعدم امكانية نمو الاحياء المجهرية وغير المجهرية فيها اي انها تحافظ على نوعية جيدة طيلة فترة التخزين.

6- عدم وجود مفقودات بالمياه نتيجة التبخر.

7- عدم حاجة الخزانات الارضية الى منشآت معقدة خاصة بعمليات الخزن والتفريغ ونقل المياه الى مواقع استغلالها كالمصبات والمآخذ والسيفونات ومنشآت السفح وغيرها من التي يجب انشاؤها في حالة الخزانات السطحية.

8- عدم امكانية تعرض الخزانات الارضية للاعمال التخريبية والعدوانية كالخزانات السطحية.

9- عدم وجود اية اخطار محتملة لتخزين كميات كبيرة في الخزانات الارضية كالاخطار الناجمة من انهيارات السدود واكتساح مياه الخزانات للمناطق المجاورة وتدميرها.

10- ان تخزين المياه في طبقات الارض ومن ثم سحبها لاستغلالها في الاغراض المختلفة يساعد كثيراً على تحسين خواص التربة للاغراض الزراعية بتقليل نسبة الاملاح وتحسين ظروف التهوية الى غير ذلك.

11- ان معظم مناطق العالم تعاني من سوء توزيع المياه السطحية فبعضها يعاني من الفيضان والاخرى تعاني من الجفاف في حين يمكن نشر وتوزيع المياه الجوفية على معظم المناطق بين طبقات الارض لتغطي احتياجات تلك المناطق من المياه.

12- عدم حاجة الخزانات الارضية الى عمليات انشاء او تشغيل او صيانة فهي خزانات قائمة بصورة طبيعية وتبقى كذلك لا تتعرض لعوامل الاستهلاك او الاندثار كغيرها من المنشآت مما يجعلها عديمة الكلفة.

عملية شحن الخزانات الارضية بالمياه(Recharging)

تعتبر مياه الفيضان رغم خطورتها ثروة وطنية ينبغي عدم التفريط بها. والعادة الجارية عند ورود موجات عالية من الفيضان تزيد عن الحاجة وعن الطاقة التخزينية للخزانات السطحية فانه يتم توجيه تلك المياه وجرها الى البحار وتذهب كضائعات دون الاستفادة منها وبدلاً من أن تضيع هذه الكميات الهائلة من الامطار سنوياً يمكن شحن اكبر كمية ممكنة في الخزانات الارضية قبل التفكير بالتخلص منها هدراً في البحار.

ويمكن تسريع عملية شحن الخزانات الارضية بمياه الفيضان بالاجراءات التالية:-

1- جر مياه الفيضان وتوجيهها الى المناطق التي تكون ترتبها ذات تكوين خشن عالية النفاذية للمياه وكثيراً ما توجد مثل هذه الاماكن في مناطق التغذية وبمساحات مختلفة قد تصل الى عشرات الكيلومترات المربعة. فمثلاً وجدت مساحة تصل الى خمسة كيلومترات مربعة تتكون تربتها من ترسبات من الحصو والرمل مكونة طبقات نفاذيتها عالية جداً وبعمق يزيد على 213 متر تحت سطح الارض، وجدت هذه المساحة امام سد تربلا في الباكستان. ان مثل هذه المواقع المثالية يمكن ان تسرب كميات من مياه الفيضان تقدر بعدة آلاف من الاقدام المكعبة في الثانية الواحدة مما يخفف كثيراً من وطأة مياه الفيضان على المناطق الاخرى.

2- في حالة عدم العثور على مساحات ذات نفاذية عالية في مناطق التغذية او انها قليلة لا تكفي لاستيعاب او ترشيح كميات معتبرة من مياه الفيضان فان مساحات اخرى اقل نفاذية تستعمل لترشيح المياه الى جوف الارض ومن تلك المساحات المناطق المنخفضة من الوديان والتي لا تصلح للزراعة اثناء موسم الفيضان لانغمارها بالمياه معظم ايام الموسم. حيث يمكن استغلالها كمرشحات اثناء الفيضان.

3- عندما تكون التربة شبه صماء او قليلة النفاذية فان بالامكان تسريع عملية الترشيح بحفر قنوات او سواقي او آبار وقد يستدعي الامر استعمال انابيب مثقبة في المنطقة المراد ترشيح المياه من خلالها بحيث تتجاوز اعماق هذه القنوات او الابار او الانابيب الطبقات الصماء الى طبقات التربة ذات التكوين الخشن والنفاذية العالية والتي تتكون عادة من طبقات من الحصو والرمل الخشن او طبقات صخرية ذات مسافات بينية فارغة.

4- عندما تكون التربة غير مزروعة سابقاً وخالية من المواد العضوية وذات تكوين ناعم كأن تكون طينية مثلاً فان قابليتها لامتصاص وترشيح المياه ستكون قليلة جداً ولاجل تحسين نفاذيتها يتم تشجيع نموّ الحشائش فيها او زراعتها قبل موسم الفيضان أو اضافة مخلفات عضوية اليها.

5- يفضل اجراء التحريات الجيولوجية وتحديد طبيعة التربة في مختلف ارجاء منطقة التغذية للاستعانة بها في معرفة المناطق الاكثر نفاذية لتوجيه مياه الفيضان اليها.

4-3 الخزانات السطحية (Surface Reservior)

تنشأ الخزانات السطحية في اي مكان ملائم سواء في منطقة التغذية او

احواض الانهار على امتداد مجاريها. فاذا كانت في مناطق التغذية فهي تنشأ عادة في الوديان وفي مجاري الانهار بين السلاسل الجبلية عندما ينحسر عرض الوادي ويشكل مضيقاً تقع امامه مساحة واسعة من الوادي (سيتم التعرض لذلك بصورة مفصلة في الفصل الرابع - السدود والخزانات-).

يحول جزء من مياه الفيضان الى الخزانات السطحية القائمة في منطقة التغذية. ويتم ذلك بعد تفريغ مخزونها من المياه قبل موسم الفيضان. وتتم عملية التفريغ للمياه الزائدة عن الحاجة بناءاً على حسابات دقيقة تتضمن الحاجة الفعلية لمختلف ميادين الحياة الزراعية والصناعية والبشرية وغيرها بحيث يتجنب الوقوع في خطأ تفريغ كل المياه وعدم ورود مياه فيضان كافية لسد الحاجة اثناء موسم الصيف الذي يلي موسم الفيضان. وكثيراً ما تقع مثل هذه الاخطاء حيث تفرغ الخزانات من المياه لاستيعاب فيضان متوقع، الا ان الفيضان لا يقع وتبقى الخزانات فارغة وتتعرض الحياة الى خطر الجفاف بدلاً من خطر الفيضان.

عليه يجب اجراء موازنة مائية للمنطقة مبنية على اسس علمية دقيقة ومعلومات وبيانات خاصة بالمنطقة تتضمن كافة الظروف المتوقعة كمقدار الاستهلاك النباتي خلال مواسم الجفاف والاستهلاك البشري والصناعي وتوليد الطاقة وغيرها.

يكون وقت التفريغ عادة قبل ورود الموجة العالية بفترة معينة، هذه الفترة تبين وقت التركيز لمياه العاصفة المطرية حيث يمكن تحديدها من المعلومات والبيانات السابقة المتوفرة للمنطقة.

ويجب ان لا يقل مقدار الاملاء او التخزين عن القدر الذي يعوض كمية المياه التي تم تفريغها قبل وصول الموجة بحيث يحافظ الخزان على خزينه من المياه

المحسوبة لتغطية الحاجة الفعلية عند مواسم الجفاف المتوقعة. ويجب الاخذ بنظر الاعتبار كميات الثلوج المتراكمة في المنطقة وحجم المياه الناتجة من ذوبانها، اثناء اجراء الموازنة المائية لانها تعتبر خزيناً إضافياً يمكن الافادة منه عند مواسم الجفاف المتوقعة.

ان اقل كمية من المياه يجب خزنها لا تقل عن الكمية التي تم تفريغها لكي يحافظ الخزان على خزينه الاحتياطي كما مر. اما اعلى كمية يجب تخزينها فتتوقف على حجم الموجة الفيضانية وسعة الخزان الكلية. فاذا كانت الموجة كبيرة جداً فان التخزين يستمر حتى انتهاء الموجة او امتلاء الخزان الى أقصى سعة. وعند امتلاء الخزان يسمح للمياه المتجمعة بالسفح فوق السد من خلال المنشأ الخاص بهذا الغرض بحيث يكون مقدار المياه الواردة مساوياً لمقدار المياه السافحة ويجب عدم تحميل السد او الخزان اكثر من طاقته باي حال من الاحوال لاحتمال انهيار السد واضافة موجة على الموجة الفيضانية مما يعني كارثة لا تحمد عقباها (وسنشرح اعمال ادارة التخزين والتفريغ مفصلاً في الفصل السابع– اعمال السيطرة في موسم الفيضان –).

يجب المحافظة على الخزانات السطحية من الترسبات الواردة كعوالق في المياه الواردة اليها للتخزين، اذ ان العمر الحي لهذه الخزانات يمكن ان يمتد الى مدة طويلة جداً تصل الى عدة مئات من السنين عندما تكون نسبة العوالق في المياه المخزونة قليلة جداً ويمكن ان يقل عمرها الحي الى عدة عشرات فقط من السنين وتعتبر حينها بحكم الميتة عندما تزداد نسبة العوالق في المياه الى نسبة عالية.

يمكن تقليل نسبة العوالق في المياه بالسيطرة على تعرية التربة باتخاذ اجراءات معينة سيأتي ذكرها لاحقاً في الفقرات القادمة، كذلك يمكن تقليل

العوالق في مياه الخزانات باقامة منشآت خاصة مقدم الخزانات تعمل على ترسيب العوالق من المياه قبل دخولها الخزانات. ويتم تنظيف مثل هذه المنشآت دورياً من الترسبات، حيث ان تنظيف هذه المنشآت الصغيرة سيكون عملياً ومجدياً أكثر من محاولة تنظيف الخزانات الكبيرة والذي يبدو متعذراً.

5-3 إنشاء السدود الصغيرة (Small Dams)

ان انشاء السدود الصغيرة باعداد مناسبة تنتشر في مختلف ارجاء منطقة التغذية يعتبر من اكثر الطرق فعالية في السيطرة على الفيضان ان لم يكن اكثرها فعالية على الاطلاق. فاقامة مثل هذه السدود القاطعة على الوديان والمجاري العريضة في منطقة التغذية تعمل على حصر المياه المتساقطة كلاً في منطقته وعزلها من الاتصال (ولو مؤقتاً) مع المياه المتساقطة في المناطق الاخرى مما يسلبها فرصة التجمع والتركيز في مناطق ضيقة ويضعفها ويقلل من شأنها لفترة وان كانت قصيرة وربما تزيد كمية المياه المتساقطة على الطاقة الاستيعابية لمثل هذه السدود، عندها يسمح للمياه بالمرور عبر السد بمعدل يساوي معدل تساقطها على المنطقة الخاصة بهذا السد وعدم اطلاق المياه المخزونة فيها سابقاً وإبقائها حتى انتهاء العاصفة المطرية حيث تطلق هذه المياه استعداداً لاستقبال موجة فيضانية اخرى.

يمكن ابقاء هذه السدود مفتوحة ولا يبدأ التخزين فيها عند بدء هطول الامطار وتجمع المياه، بل الانتظار اقصى ما يمكن حتى تصل المياه المتجمعة في مؤخر منطقة التغذية الى الكمية الحرجة التي لا يمكن استيعابها بالخزانات الكبيرة والانهار.

وبطريقة اخرى، يمكن غلق السدود والبدء بالتخزين عندما تتجمع المياه المتساقطة وتبدأ بالسيول في الوديان بكميات كبيرة حتى تمتلىء الخزانات

الصغيرة امام هذه السدود حيث يسمح للمياه بالمرور عبر السدود بما يساوي معدل تساقطها.

وعلى اية حال فان هذه السدود وخزاناتها تعتبر ورقة باليد ضد خطر الفيضان يمكن الافادة منها حسب الحاجة حيث يحدد ذلك بالظروف الخاصة بالعاصفة المطرية والموازنة المائية لعموم المنطقة.

اما الفوائد الاخرى للسدود والصغيرة عدا تجزئة الموجة الفيضانية وتخزين المياه فهي ما يلي:

1- زيادة كمية المياه الراشحة الى جوف الارض.

2- التقليل من طاقة المياه المنحدرة من سفوح الجبال وبالتالي من سرعتها وتعريتها للتربة، إضافة الى ترسيب الدقائق العالقة فيها.

3- العمل على تاخير عملية تجمع وتركيز مياه العاصفة المطرية مما يتيح فرصاً جيدة للاستعداد واتخاذ الاجراءات الوقائية من الفيضان المفاجيء.

4- الاستفادة منها لقياس التصاريف المارة عبرها وبالتالي الحصول على معلومات مبكرة ودقيقة عن حجم الموجة الفيضانية.

5- ان كل سد مع المساحة الخاصة به يعتبر حقلاً تجريبياً بحد ذاته يساعد في جمع المعلومات ودراسة امور كثيرة كمقدار المياه الكلية المتساقطة ومقدار الفقدان بالتبخر وباعتراض النباتات والفقدان بالتسرب الى غير ذلك مما يعطي رصيداً كبيراً من المعلومات يمكن الاستفادة منها في وضع الخطط العامة لمجابهة الفيضان من جهة والاغراض الزراعية والموارد المائية وغيرها من جهة اخرى.

مواقع السدود الصغيرة:

لا يختلف اختيار مواقع السدود الصغيرة عن اختيارها للسدود الكبيرة وافضل المواقع هو عنق الوادي حيث يسيطر السد على اكبر مساحة مطرية ممكنة وبطول وارتفاع قليلين. كما يفضل الموقع الذي يأتي بعد تفرغ الانهار او الوديان (مؤخر اتصال الفروع والوديان مع بعضها) لكي يعمل السد على السيطرة على المياه المتجمعة في هذه التفرغات.

وحيث ان هذه السدود صغيرة فهي لا تحتاج الى اسس قوية وعليه فان طبيعة وتكوين التربة تحت الاساس لا تؤثر على اختيار موقع السد. ان الموقع القريب من الطرق والمجمعات السكنية يعتبر مناسباً.

العدد المناسب من السدود الصغيرة

ان العدد المناسب من هذه السدود هو الذي يغطي كامل منطقة التغذية ويعتمد بصورة رئيسية على عدد المواقع المناسبة فكلما زاد عدد هذه المواقع امكن انشاء عدد أكبر من السدود . كما انه كلما زاد عدد السدود سهلت عمليات السيطرة على المياه. ويعتمد عدد السدود ايضا على المساحة المطلوب السيطرة على مياهها فكلما زادت المساحة الخاصة بكل سد قل عدد السدود لتغطية المساحة الكلية لمنطقة التغذية. ويعتمد عددها كذلك على حجم الخزانات الناتجة عنها.

انواع السدود الصغيرة : يمكن تصنيف السدود الصغيرة حسب المواد المستعملة في انشائها وحسب طريقة مقاومتها لضغط المياه المخزونة او الغرض من إنشائها وبصورة عامة يمكن ان تكون من الانواع التالية.

1- السدود الترابية (Earthen Dams) .

2- السدود المبنية بالحجر او الطابوق (Masonry Dams).

3- السدود الكونكرتيية - القوسية (Arch dams).

- الوزنية (Gravity dams).

ويعتمد اختيار نوع السد على المواد الاولية المتوفرة في المنطقة والتي تفيد في انشاء السدود وكلفتها وامكانية نقل المواد الى موقع العمل.

السدود الترابية سميت كذلك لكونها تنشأ من المواد الترابية، كالطين والرمل والحصو والحجر. وتعتمد على وزنها في مقاومة ضغط الماء. ويعتمد في تصميمها على نفس الاسس والقواعد المتبعة في تصميم السدود الترابية الكبيرة والتي سيتم ذكرها تفصيلاً في الفصل القادم. او الاسس والقواعد المستعملة في تصميم السداد الترابية التي سيتم ذكرها في الفصل الخامس. اما السدود المبنية بالطابوق أو الحجر فهي الاخرى تعتمد على وزنها في مقاومة ضغط المياه واستقرارها. ومن تسميتها فان المواد الداخلة في انشاءها هي الطابوق بمونة السنت والرمل او الحجر بمونة السمنت والرمل. ويجب ان تكون كتل الحجر المستعملة في البناء منتظمة نسبياً للتقليل من نسبة الفراغات بينها حيث يجب ان تملأ هذه الفراغات بكسر الحجر ومونة السمنت كما يجب العناية بصورة خاصة بالوجه المقابل للمياه من السد وسد المسامات الموجودة ولبخه بمونة السمنت والرمل جيداً للتأكد من عدم نفوذ المياه خلال جسم السد. أما اذا بنيت بالطابوق فانه يجب ان يكون ذا نوعية جيدة خالياً من الاملاح ويجب ان يكون البناء محكماً بحيث لا يسمح بنفوذ المياه خلال جسم السد.

ويعتمد في تصميم السدود المبنية من الطابوق أو الحجر نفس الاسس المعتمدة في تصاميم الجدران الساندة (retaining walls).

أما السدود الكونكريتية فلا يفضل اختيارها في حالة السدود الصغيرة نظراً للكلفة العالية وحاجتها الى تقنية فنية في التصميم والتنفيذ وان النوعين الأول والثاني يفيان بالغرض.

حجم الخزان وارتفاع السد

ان الهدف الرئيسي من الخزان المتكون امام السد الصغير هو حجز المياه مؤقتاً والتقليل من سرعتها وكمية العوالق فيها. لذا فان حجمها يعتمد على حجم المياه السطحية الجارية المتجمعة من المساحة الخاصة بالسد خلال العاصفة المطرية العظمى المتوقعة. حيث يقوم كل سد بحجز المياه السطحية المتجمعة من المساحة الخاصة به في الخزان المتكون امامه. ولا يفضل استعمال مثل هذه الخزانات لاغراض الخزن الدائم أو البعيد المدى لان خزن المياه في اماكن كثيرة متعددة متفرقة لفترة طويلة يجعلها عرضة للضياع والتلوث، اضف الى ذلك في مثل هذه الحالة فان المساحات من الاراضي الواقعة في حوض الخزانات امام السدود الصغيرة يمكن استغلالها بالزراعة بعد انتهاء موسم الفيضان، علماً أن مثل هذه الاراضي لا يمكن الاستفادة منها اثناء الفيضان لانها مغمورة بالمياه معظم ايام الموسم.

اذن فما دام الغرض من انشاء السدود الصغيرة وخزاناتها موسمي وخاص باعمال السيطرة على الفيضان فان حجمها لا يعتمد على مقدار الطلب للمياه (Demand rate) ولا يتأثر بمقداره كما في الخزانات الكبيرة. ويستخرج حجم الخزان بمعرفة اعلى حجم تصل اليه المياه الجارية نتيجة اعلى عاصفة مطرية متوقعة تتجمع مياهها من المساحة المخصصة له من منطقة التغذية. وسنعطي مثالاً لحساب حجم الخزان وارتفاع السد لاحقاً في الفقرة (3–7).

6-3 تقسيم منطقة التغذية الى وحدات

تقسم منطقة التغذية الى وحدلت (units) بمساحات معينة تتضمن كل وحدة منها عدداً من السدود والخزانات الصغيرة إضافة الى محطة مقاييس (Gaging station) ومجرى مائي رئيسي وبمعنى اخر تعتبر الوحدة صورة مصغرة لمنطقة التغذية او نموذجاً لها. ويفضل ان تكون هذه الوحدات منفصلة عن بعضها طبيعياً بواسطة قمم الجبال مثلاً. واذا لم تتوفر مثل هذه الفواصل الطبيعية في بعض الاماكن تعمل حدود من السداد الترابية (coffer dams) تفصل بين الوحدات وتحول دون اتصال مياه كل وحدة مع مياه الوحدات المجاورة، حيث يتم معالجة مياه الفيضان لكل وحدة على حدة لتسهيل عمليات السيطرة.

ويعتمد عدد الوحدات التي تقسم اليها منطقة التغذية على:

1- المساحة الكلية لمنطقة التغذية.

2- عدد السدود الصغيرة ومواقعها.

3- عدد محطات القياس ومواقعها.

4- الفواصل الطبيعية الموجودة في المنطقة.

5- الطرق والتجمعات السكنية.

6- عدد الروافد التي تتصل مع بعضها لتكون المجرى الرئيسي لمنطقة التغذية.

ان مجموع مساحات الوحدات يساوي المساحة الكلية لمنطقة التغذية ولا يشترط ان تتساوى مساحات الوحدات فيمكن ان تزيد مساحة وحدة ما على مساحة الوحدات الاخرى. ويفضل اتباع الفواصل الطبيعية في تحديد الوحدة

لان ذلك يؤدي الى التقليل من السداد المحيطية الفاصلة وقد لا يحتاج اليها كلياً اذا ما توفر ما يكفي من الفواصل الطبيعية مما يقلل الكلفة الى حد كبير، واذا ما دعت الحاجة الى انشاء فواصل ترابية بين الوحدات فانها يجب ان تنفذ في المناطق العالية للتقليل من الارتفاع المطلوب والحفاظ عليها من الانجراف بفعل المياه المنحدرة.

يفضل ان تقع السدود الصغيرة على طول الوادي او الوديان التي تؤلف الوحدة بحيث تقطّع الوادي الى قطع متوالية من بدايته الى نهايته وتصب المياه التي تزيد عن مخزون القطعة في خزان القطعة التي تليها وهكذا حتى تصل المياه المتجمعة من كل القطع المتوالية الى نهاية الوادي لتصب في المجرى الرئيسي بعد ان فقدت سرعتها وطاقتها الحركية ومعظم العوالق فيها، حينئذ ستكون قليلة الخطر. وهذا يعني ان الوحدة يجب ان تبدأ من النقاط ذات المنسوب العالي وتنتهي في النقاط ذات المنسوب الأقل، في حين يفضل ان تقع محطات القياس في مركز الوحدة ليكون تمثيلها للوحدة ادق في نتائجه بالنسبة للبيانات المسجلة.

7-3 تقدير حجم الخزانات الصغيرة وارتفاع سدودها

لاجل تقدير حجم الخزانات المنتشرة في كل وحدة من وحدات منطقة التغذية ينبغي القيام بالاعمال الحقلية التالية:

1- المسح الطوبوغرافي لكل واد يقع بين السلاسل الجبلية أو التلال الموجودة في المنطقة من بداية الوادي حتى نهايته للحصول على المعلومات التالية:

أ- عرض الوادي عند سطح الارض (حوض الوادي) وميل وطبيعة جوانب الوادي ولحد ارتفاع لا يقل عن 30 متراً من كل جانب اضافة الى طول الوادي.

ب- الميل الطولي للوادي اي درجة انحداره واتجاهه.

حـ- المسافة الافقية بين قمم الجبال المكونة للوادي اي المسافة الافقية بين الفواصل الطبيعية التي تفصل بين واد وآخر.

د- مقطع عرضي للوادي يبدأ من قمة الجبل الى قمة الجبل المقابل له بمسافة لا تزيد على (1000) متر بين مقطع وآخر.

2- تحديد المواقع المناسبة كمقالع للمواد الاولية المستعملة في انشاء السدود الصغيرة كالطين والرمل والحصو والحجر.

3- تحديد الطرق الموجودة والتجمعات السكنية في المنطقة.

ولتوضيح كيفية حساب حجم الخزانات الصغيرة وارتفاع سدودها في منطقة معينة نعطي المثال التالي:

مثال:

منطقة جبلية مساحتها الافقية الكلية (3900) كيلومتر مربع تتكون من أربعة سلاسل جبلية. إن أعلى عاصفة مطرية مرت في تاريخ المنطقة كانت كمية التصريف القصوى (Peak discharge) فيها في اليوم الثاني من العاصفة مقدارها (350)م^3/ث كجريان سطحي (Run off) ولغرض تأمين المنطقة السهلية الواقعة مؤخر هذه المنطقة الجبلية من خطر الفيضان، طلب انشاء سدود صغيرة في وديان هذه المنطقة تكفي لحجز المياه المتساقطة خلال اليوم الثاني من العاصفة المطرية العظمى. ولمدة 24 ساعة، لحين اتخاذ الاحتياطات والتدابير ضد خطر الموجة الفيضانية. جد اطوال وارتفاعات وعدد ونوع السدود الصغيرة اللازمة لتكوين خزانات سطحية وارتفاعات وعدد ونوع السدود الصغيرة اللازمة لتكوين خزانات سطحية صغيرة في كافة انحاء المنطقة تكفي لاستيعاب المياه المتساقطة خلال اليوم الثاني من العاصفة.

الحل: (انظر الشكل 3-1)

تم اجراء المسح الطوبوغرافي للمنطقة وتبين ما يلي:-

1- وجود ثلاثة وديان اطوالها كما يلي: L_1: 85 كم، L_2= 90كم، L_3= 125كم.

2- تم رصد مقاطع عرضية بمعدل مقطع واحد لكل كيلومتر طول واخذت في اضيق المناطق من الوادي لتقليل طول السدود التي ستقام في هذه المواقع.

ووجد ما يلي : (60) مقطع كان عرض الوادي فيها من الاسفل B= 200 متر ومعدل المسافة الافقية (d) بين قمم الجبال عند هذه المقاطع كان (15) كم.

(80) مقطع كان فيها B = 220 متر و d= 13 كم

(70) مقطع كان فيها B= 300 متر و d= 13 كم.

(90) مقطع كان فيها B= 350 متر و d = 12 كم.

وبهذا يكون مجموع المقاطع العرضية التي تم رصدها 300 مقطع مساوياً لعدد كيلومترات الطول الكلي للوديان (85+90+125= 300كم).

ولا يشترط ان تكون المسافة بين المقاطع او السدود المقترحة متساوية، واخذت هنا متساوية لتسهيل الحسابات اذ ان ما يحدد المسافة بين سد واخر اعتبارات كثيرة اهمها المسافة بين اضيق عنق وآخر للوادي.

3- تم حساب الميل الطولي للوديان ووجد انه متساو تقريباً للوديان الثلاثة وهو حوالي S= 0.001

4- وجدت ترسبات طينية ورملية وحصوية في كل واد كما وجدت اماكن مناسبة لمقالع الحجر.

ان السدود الصغيرة التي يجب انشاؤها في الوديان يجب ان تحقق ما يلي:

أ- ان يكون مجموع سعتها الخزنية مساوياً أو يزيد على حجم المياه المتجمعة من العاصفة المطرية خلال اليوم الثاني (كما مطلوب في المثال) وان هذا الحجم = 350 × 24 × 60 × 60 = 30.24 ×10^6 متر مكعب.

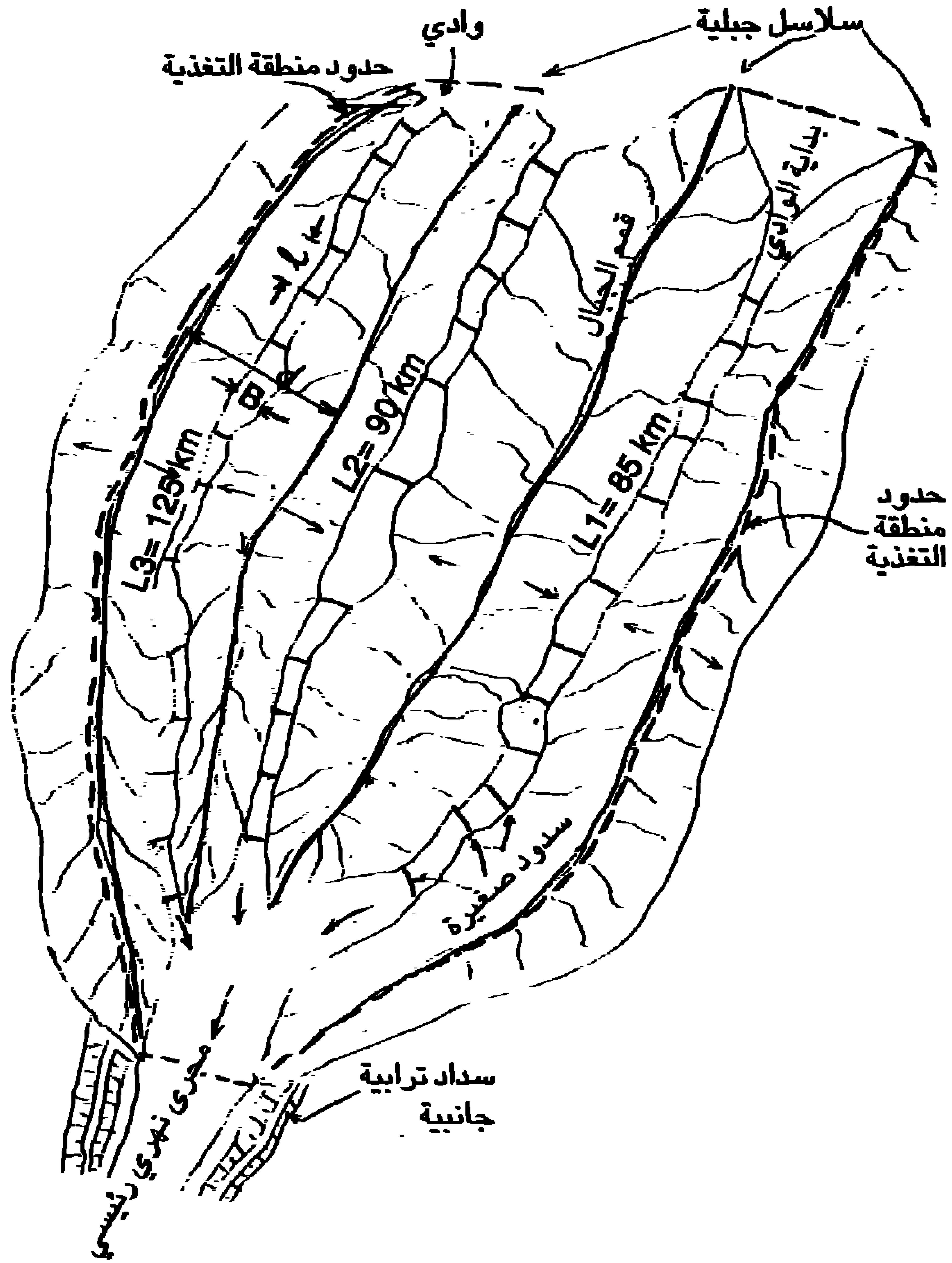
ب- ان هذه السدود يجب ان تكوّن خزانات تغطي كافة او معظم القعر لكل واد لتغطية اكبر مساحة بالمياه مما يزيد في عملية الترشيح الى جوف الارض للتخلص من جزء مهم من مياه الفيضان وخزنه ليستعمل عند الحاجة.

جـ- ان تكون كافية لاختزال الطاقة الحركية للمياه النازلة من المنحدرات وايقافها للحد من قابليتها على تعرية التربة في الوديان وترسيب ما علق فيها من دقائق التربة اثناء انحدارها من سفوح الجبال بحيث يتم اكمال عملية الترسيب او معظمها خلال 24 ساعة.

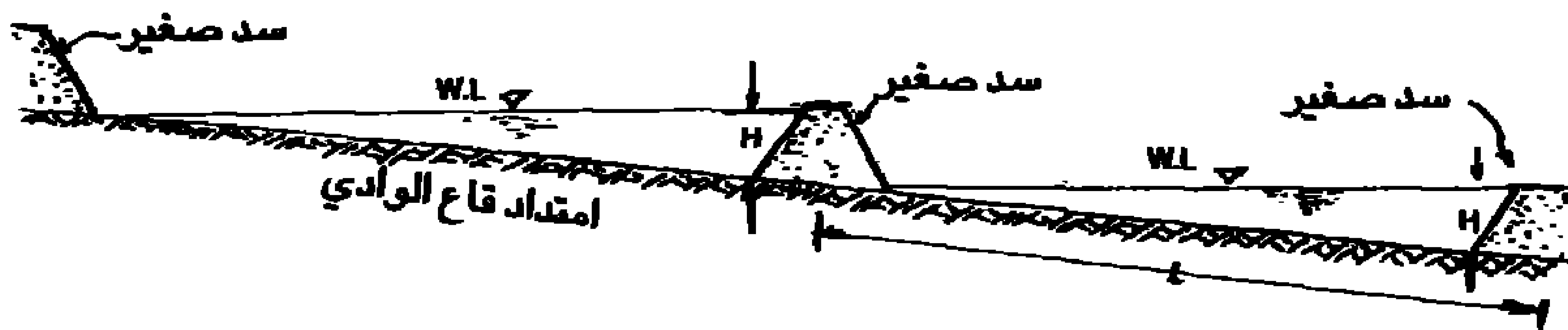
وعلى افتراض ان اقل ارتفاع مناسب للسد هو متر واحد فانه سوف يحجز امامه من المياه على امتداد (1000) متر فقط لان ميل الوادي هو 0.001 اي متر واحد عمودي لكل 1000 متر افقي. وان مثل هذا الارتفاع يحجز امامه مياهاً حجمها يساوي $\frac{H \times \ell}{2} \times B$ حيث H = ارتفاع السد، ℓ= المسافة من السد الى النقطة التي يكون فيها ارتفاع الماء يساوي صفر (هنا في هذا المثال نقطة الصفر هي السد المجاور من المقدم)، B = عرض الوادي عند موقع السد. وعندما يكون عرض الوادي = 200 متر فان:

سعة الخزان= $\frac{1 \times 1000}{2} \times 200 = 100000$ م^3 (اعتبرت جوانب السد عمودية نظراً لقلة ارتفاع السد وعدم تأثير ميله الصغير على الحجم الكلي) (انظر الشكل 3-2).

ان المساحة الافقية التي تغذي هذا الخزان = $d \times \ell$



الشكل (3-1) مساحة منطقة التغذية 3900كم2



الشكل (3-2) السدود الصغيرة المقاطعة للوديان

حيث ℓ = جزء طول الوادي الذي يقع مقدم السد حتى السد الآخر.

d = المسافة الافقية بين قمم الجبال (اي عرض الوادي من أعلى نقطتين في القمة)

∴ المساحة الافقية التي تغذي الخزان = 1 × 15 = 15 كيلومتر مربع.

∴ حجم المياه الجارية المتجمعة من كل كيلومتر مربع من منطقة التغذية $= \frac{Vtotal}{Atotal}$

حيث Vtotal= حجم المياه المتجمعة من العاصفة المطرية العظمى خلال اليوم الثاني من المساحة الكلية للمنطقة Atotal

$$\therefore \frac{Vtotal}{Atotal} = \frac{30.24 \times 10^{6} \text{ م}^3}{3900 \text{ كم}^2} = 7753.85 \text{ م}^3/\text{ كم}^2$$

∴ مجموع المياه المتجمعة امام السد الواحد = 7753.85×15 =116307.7م^3 وبما ان حجم الخزان هو =100000 م^3 فانه لا يكفي لاستيعاب هذ المياه المتجمعة من المساحة المخصصة له والمساوية لـ (15) كم ^{2} ويجب زيادة ارتفاع السد ليحقق السعة الخزنية المطلوبة . ولنفرض ان الارتفاع زيد الى 1.2م بدلاً من متر واحد

$$\therefore \text{حجم الخزان} = \frac{1.2 \times 1000}{2} \times 200 = 120000 \text{ م}^3$$

ان هذا الحجم يزيد على الحجم المطلوب وعليه فان السد يحقق السعة الخزنية المطلوبة كما يحقق ما جاء في النقاط الثلاث (أ،ب،حـ) المذكورة سابقاً.

ان عدد الخزانات المطلوبة بهذا الحجم هي 60 كما مر من المسح الطوبوغرافي وان مجموع السعة الخزنية لـ (60) خزان = 60×120000 = 7.2×10^{6} متر مكعب.

ان مجموع اطوال السدود اعلاه = 60×200 =120000 متر = 12 كيلومتر

أما عندما يكون عرض الوادي B= 220 متر فان حجم الخزان باعتبار ان ارتفاع السد متر واحد سيكون:

$$\frac{1 \times 1000}{2} \times 220 = 110000 \text{ متر مكعب}$$

وان حجم المياه المتجمعة امامه = 7753.85 × 13 = 100800.1متر مكعب.

∴ حجم الخزان يحقق السعة الخزنية المطلوبة ويزيد عليها.

عدد الخزانات المطلوبة بهذا الحجم = 80 خزان.

مجموع السعة الخزنية لها = 80 × 110000 = 8.8 × 10^6 متر مكعب.

مجموع أطوال سدودها = 80 x 220 = 17600 = 17.6 كم.

أما عندما يكون عرض الوادي B= 300م فإن حجم الخزان باعتبار أن ارتفاع السد متر واحد سيكون:-

$$\frac{1 \times 1000}{2} \times 300 = 150000 \text{ م}^3$$

حجم المياه المتجمعة أمامه = 7753.58 x 13=100800.1 م^3

∴ حجم الخزان يحقق السعة الخزنية المطلوبة ويزيد عليها. ويمكن تقليل ارتفاع السدّ في هذه الحالة ، إلا إنه يعتبر غير عملي، لإن السدود ذات الارتفاع القليل جداً تتعرّض لأعمال التخريب والدمار بسهولة، أضف إلى ذلك هذه الزيادة في السعة تعتبر سعة احتياطية يمكن الاستفادة منها عند الطوارىء بفتح المياه من خزانات أخرى قد تنهار سدودها أو إنها لا تستوعب مياهها.

إن عدد الخزانات المطلوبة بهذا الحجم = 70 خزاناً.

مجموع السعة الخزنية لها= $150000 \times 70 = 10.5 \times 10^{6}$ م^3

مجموع أطوال سدودها = $300 \times 70 = 21000$ م = 21 كم.

أما عندما يكون عرض الوادي B= 350م فإن حجم الخزان باعتبار أن ارتفاع السد هو متر واحد سيكون :-

$$\frac{1 \times 1000}{2} \times 350 = 175000 \text{ م}^3$$

حجم المياه المتجمعة فيه = $7753.85 \times 12 = 93046.2$ م^3.

∴ حجم الخزان يحقق السعة الخزنية المطلوبة، وان السعة الزائدة تعتبر سعة احتياطية يمكن الاستفادة منها عند الطوارئ.

إن عدد الخزانات المطلوبة بهذا الحجم = 90 خزان

مجموع السعة الخزنية لها = $80 \times 175000 = 14 \times 10^{6}$ متر مكعب

مجموع اطوال سدودها = $80 \times 350 = 28000$م = 28 كيلومتر.

∴ مجموع السعة الخزنية لكافة الخزانات في منطقة التغذية =

$(14.0 + 10.5 + 8.8 + 7.2) \times 10^{6} = 40.5 \times 10^{6}$ متر مكعب.

وهي تزيد على حجم المياه المتجمعة من كل منطقة التغذية بمقدار يساوي $(40.50 - 30.24) \times 10^{6} = 10.26 \times 10^{6}$ متر مكعب.

ان هذه السعة الخزنية الزائدة تعتبر سعة احتياطية مهمة تساعد في المناورة وادارة الموجة الفيضانية العالية حيث يمكن الاحتفاظ ببعض الخزانات فارغة لاستعمالها في حالة الطوارئ عند انهيار احد السدود او عند زيادة الامطار على التصريف التصميمي وكثيراً ما تحدث مثل هذه الحالات.

عدد الخزانات الكلي = $60 + 80 + 70 + 90 = 300$ خزان وهو نفس عدد السدود الصغيرة المطلوب انشاؤها.

مجموع اطوال السدود الصغيرة = $12 + 17.6 + 21 + 28 = 78.6$ كيلومتر منها 12 كم بارتفاع 1.20متر والباقي بارتفاع متر واحد.

اما انواع السدود المقترحة فهي سدود ترابية تعتمد على وزنها في استقرارها ومقاومتها لضغط المياه. واقترحت سدود ترابية نظراً لوفرة المواد الاولية اللازمة لانشائها في الوديان المراد اقامة السدود عليها كالطين والرمل والحصو والحجر . حيث تستعمل تربة طينية مزيجية لانشاء الجزء الوسطي من السد وتحدل جيداً لضمان عدم نفانيتها للمياه الراشحة خلال جسم السد وتغلف السدود من كلا الجانبين بطبقة من الحصو ثم بطبقة من الحجر لضمان حمايتها من الامطار المتساقطة ومن فعل الموجات المائية وعدم تاكلها (يراجع الفصل الخامس – السداد الترابية).

تجهز السدود الصغيرة بابواب حديدية لتنظيم تصريف المياه اثناء التفريغ تكفي لمرور أقصى تصريف يساوي معدل تجمع المياه من المساحة المخصصة للسد. فمثلاً اذا كان مجموع المياه المتجمعة خلال يوم واحد هو (100800)متر مكعب فان مقدار التصريف الذي يستوعبه الناظم والبوابة = $\frac{100800}{60 \times 60 \times 24}$

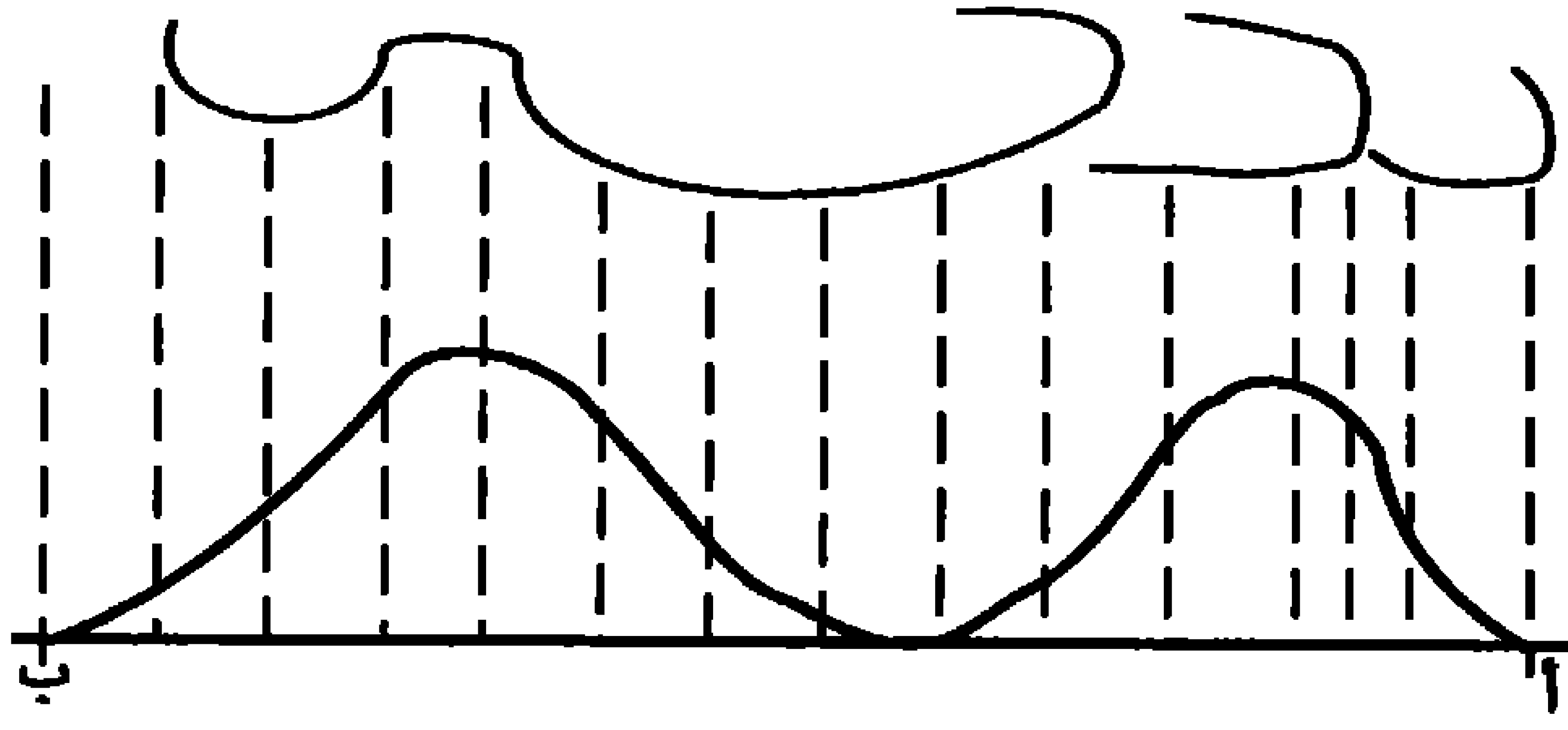
= 1.17 م3/ث وزيادة في الامان تصمم مثل هذه البوابات لامرار تصريف 2م3/ث.

عند توفر الايدي العاملة ومواد البناء يفضل انشاء السدود بالبناء بالطابوق او الحجر ومونة السمنت معتمدة على وزنها في استقرارها ومقاومتها لضغط المياه وذلك لان مثل هذه السدود تقاوم الانهيار بسبب الامطار وفعل الامواج والتيارات القوية والمياه الراشحة.

ملاحظة مهمة:

وردت في المثال عبارتا (المساحة الافقية والمسافة الافقية) ولتوضيح المقصود بالعبارتين نقول: ان الارض الطبيعية تكون مرة افقية ومرة تكون متموجة او جبلية. ففي الشكل (3-3) اذا كانت المسافة بين النقطتين أ و ب هي 20 كم ، فما المقصود بها هل هي طول المستقيم أب ام انها طول المنحنى أ ب؟ فإذا قلنا

المسافة 20 كم دون أن نحدد هل هي افقية او عمودية فان ذلك سيولد خطأً كبيراً ينعكس على جميع الحسابات الخاصة بحجم المياه المتساقطة على المنطقة . ذلك لان اجهزة قياس



الشكل(3-3) المسافة الافقية والعمودية

الامطار انما تعطي عمق المطر النازل عمودياً على السطح فاذا كان السطح افقياً كانت النتائج صحيحة واذا كان السطح ملائماً كما في سفوح الجبال فان الجهاز لا يميل معه ليكون عمودياً عليه وانما يثبت عمودياً على الافق وعليه فان كثافة المطر المسجلة في الجهاز لا تعطي الكثافة على السطح المائل لسفح الجبل بل تعطيها للمساحة الافقية المقابلة له. عليه فاذا اريد حساب عمق الجريان السطحي مثلاً فان الحسابات تجري على أساس المساحة الافقية لان عمق المطر الساقط والمسجل هو للمساحة الافقية وليس للمساحة المتموجة.

3-8 مناقشة تجزئة الموجة الفيضانية بالسدود الصغيرة

نستنتج مما تقدم حول طريقة امتصاص الموجة الفيضانية بواسطة السدود والخزانات الصغيرة ما يلي:

1- ان اكثر الطرق فعالية في السيطرة على مياه الفيضان هي انشاء السدود الصغيرة القاطعة للوديان اذ بامكانها استيعاب معظم مياه الموجة الفيضانية لحين انتهاء العاصفة المطرية وامكانية اطلاق المياه المخزونة تدريجياً بعد انتهائها.

2- الكلفة المنخفضة جداً لانشاء مثل هذه السدود لعدم حاجتها الى مواد انشائية من خارج الموقع وعدم الحاجة الى آليات ومعدات معقدة للتنفيذ وقلة الاملاءات الترابية اللازمة.

3- الفترة الزمنية للانشاء قصيرة جداً مقارنة بغيرها من المنشآت الواقية من الفيضان.

4- عدم حاجتها الى كادر فني متخصص للتنفيذ والصيانة والتشغيل اذ يمكن تنفيذها وتشغيلها وادارتها من قبل الموزعين المحليين وباشراف فني بسيط.

5- عدم حاجتها الى منشآت ضخمة ومعقدة للتخزين والتفريغ كالانفاق والقنوات والمنافذ الهيدروليكية ومنشآت السفح الى غير ذلك من المنشآت في الانشاء والتشغيل والصيانة.

6- الكلفة المنخفضة لاغراض الصيانة والادارة.

7- سهولة المناورة وادارة المواجهة مع العاصفة المطرية وذلك لامكانية التخزين في قسم من الخزانات والتفريغ من القسم الاخر او الاحتفاظ بقسم منها فارغة للاستفادة منها في الطوارىء.

8- قلة الخطر بل عدم وجوده من حالات الانهيار التي قد تحدث للمنشآت الاخرى الواقية من الفيضان كالخزانات والسدود الكبيرة. وذلك لقلة مخزونها من المياه وأمكانية المعالجة السريعة للانهيار.

9- تعمل السدود الصغيرة على عرقلة حركة المياه الجارية وامتصاص طاقتها الحركية وبالتالي الحد من قابليتها على تعرية التربة.

10- العمل على ترسيب دقائق التربة العالقة في مياه الفيضان وتقليل نسبتها فيها الى درجة قد تصل الى الصفر.

11- زيادة كمية المياه الراشحة الى جوف الارض بزيادة المساحة المغطاة بالمياه المخزونة مما يزيد من مخزون المياه الجوفية من جهة والتقليل من خطر الفيضان باقتطاع جزء لا بأس به من المياه الساقطة من جهة أخرى.

12- عدم فقدان سعتها التخزينية نتيجة الترسبات في قاع الوادي اذ يمكن تعويض السعة المفقودة بتعلية بسيطة للسد دورياً كلما دعت الحاجة لذلك. بل ان سعتها ستزداد كلما زاد عمق الترسبات في الوادي نظراً لاتساع عرضه كلما اتجهنا نحو الاعلى، وذلك بابتعاد جوانب الوادي عن بعضهما . أضف الى ذلك ان العمر الحي للخزان يمتد الى مدة غير محدودة بتعلية السد كلما حدثت ترسبات.

13- يمكن استغلال المساحة التي تغطيها الخزانات للاغراض الزراعية اثناء موسم الجفاف بعد انتهاء موسم الفيضان مباشرة لان فترة التخزين فيها لا تتعدى ايام العاصفة المطرية.

14- ان الارض المغطاة بهذه الخزانات سوف يقل انحدارها وتصبح مستوية وتزداد مساحتها بمرور الوقت وزيادة الترسيب مما يجعلها اكثر ملائمة للاستغلال الزراعي بعد موسم الفيضان.

15- عدم الاضطرار الى نقل مياه الفيضان دفعة واحدة عندما تتكتل وتتجمع في منطقة التغذية كموجة واحدة وان محاصرة الموجة ونقلها وتأمين خطرها يحتاج الى كلفة عالية لانشاء السداد الترابية على ضفاف الأنهار وحول المدن وتوسيع مجاري الانهار والقنوات نتيجة زيادة الترسبات فيها الى غير ذلك من الاجراءات في حال عدم وجود خزانات صغيرة لتجزئة الموجة ونقلها كاجزاء متفرقة بدلاً من كتلة واحدة.

وبعد ذكر محاسن وفوائد عملية تجزئة مياه الفيضان بواسطة السدود الصغيرة ارى من الضروري ذكر سلبيات هذه الطريقة حيث لم اجد سوى ما اذكره من أربع سلبيات هي:

1- الحاجة الى تعلية السدود دورياً مع زيادة الترسبات في قاع الوادي.

2- عدم الاستفادة منها في توليد الطاقة.

3- عدم الاستفادة منها للتخزين الطويل الامد.

4- صعوبة الوصول او التنقل الى مواقعها النائية لوعورة منطقة التغذية على الاغلب.

9-3 السيطرة على تعرية التربة (Soil erosion control)

المقصود بتعرية التربة هنا هو التعرية الناتجة من مياه الفيضان فقط، اما التعرية نتيجة الرياح او غيرها فلا نتطرق اليها باعتبارها خارج موضوع الكتاب.

ان الاسباب التي تدعو مهندس الفيضان للسيطرة على تعرية التربة كثيرة رغم أن الموضوع محل البحث هو السيطرة على الفيضان، ويمكن تلخيص تلك الاسباب بما يلي:

1- لان التربة هي ثاني ضحية من ضحايا الفيضان بعد الانسان .

2- لان الفيضان هو السبب الرئيسي في تعرية التربة.

3- والاهم من ذلك كله هو ان عملية التعرية هي احد العوامل المهمة التي تزيد من خطر الفيضان باعتبارها عاملاً مساعداً له، فدقائق التربة المنجرفة تتعلق بمياه الفيضان ثم تبدأ بالترسيب حيثما قلت سرعة الجريان. وبما ان سرعة الجريان لا تقل الا في الخزانات او الانهار الكبيرة فان معظم عملية الترسيب تتم فيها مما يؤدي الى موت تلك الخزانات والانهار تدريجياً وهذا يعني فقدان احد الاسلحة الفعالة في السيطرة على الفيضان وخزنها كما ان تضييق مجاري الانهار نتيجة الترسبات يعني انخفاض درجة استيعابها وتصريفها لمياه الفيضان. والامثلة على ذلك كثيرة، اذ يتوقع موت الخزان الكبير امام سد تربلا في الباكستان والذي يعتبر ثالث أكبر سد في العالم خلال (50) سنة نتيجة

الترسبات ، كما ان نهر (Tennessee) في أمريكا يحمل سنوياً ما مقداره مليون طن من الترسبات، ويحمل نهر (Missouri) في أمريكا أيضاً ما مقداره (176) مليون طن من الترسبات سنوياً. ان هذه الارقام المذهلة تبين مدى خطورة تعرية التربة نتيجة مياه الفيضان والخسائر الكبيرة في الاراضي الزراعية والكلفة العالية لتطهير الانهار وشبكات الري من الترسبات وصعوبة عملية تصفية المياه الصالحة للاستعمال البشري والصناعي الى غير ذلك.

ان ميكانيكية عملية التعرية للتربة تتم بمرحلتين هما:

1- تفكيك وتعويم دقائق التربة او مجموعة التربة وفصلها عن الجسم الرئيسي للتربة.

2- ازاحة ونقل هذه الدقائق من مواضعها الى اماكن اخرى.

وعليه فان اعمال السيطرة على تعرية التربة يجب ان تتضمن كل ما من شأنه عرقلة العمليتين اعلاه (التغلب والازاحة لدقائق التربة).

ويمكن ان تعتمد عمليات السيطرة على تعرية التربة على المباديء الاساسية التالية:

1- حماية سطح التربة من اصطدام قطرات المطر به.

2- منع الماء من التركيز والتجمع والجريان اسفل المنحدرات بمجرى ضيق.

3- إعاقة حركة المياه بحيث ينزل ببطء خلال المنحدرات.

4- تشجيع تسرب اكبر كمية من المياه الى جوف التربة.

حماية سطح التربة

سبق وان ذكر ان اول مراحل عملية التعرية هي فصل دقائق التربة عن موضعها الاصلي قبل دفعها ونقلها خارج موضعها هذا. ان فعل اصطدام

قطرات المطر بسطح التربة يعتبر القوة الرئيسية التي تعمل على زحزحة دقائق التربة. ان الطاقة الحركية لقطرة مطر نازلة تتناسب مع حاصل ضرب كتلتها في مربع سرعتها. وقد لوحظ انه عندما تكون سرعة سقوط قطرات المطر (20) ميل/ ساعة وكثافة المطر 2 إنج على إيكر واحد فان مقدار طاقتها الحركية هو 6 مليون قد-يا.

وان مثل هذه الطاقة تكفي لرفع طبقة من التربة سمكها 7 إنج بمقدار 3 قدم. ومن الطبيعي ان يوجد تباين واسع في قوة صدمة قطرات المطر لعواصف مطرية مختلفة. وان هذا التباين في القوة ينتج عنه فرق كبير في مقدار التربة المزاحة وقد يصل هذا الفرق من طن واحد الى مائة طن. كما ان الاختلاف في خصائص التربة من موقع إلى آخر ينتج عنه اختلاف واسع في كمية التربة المزاحة. وان القياسات اظهرت بان دقائق التربة يمكن ان تقذف الى الاعلى بارتفاع يزيد على 2 قدم ويمكن ان تزاح الى اكثر من 5 قدم افقياً في السطوح المستوية. ان دقائق التربة التي تقذف بالهواء بفعل قطرات المطر سوف تسقط على سطح التربة بميل حاد مما ينتج عنه ازاحة كمية معتبرة من التربة.

ان مياه الامطار بداية الامر تنفذ بسرعة خلال التربة المكونة من حبيبات كبيرة وكلما بقيت هذه الحبيبات متماسكة فان الفراغات بينها تبقى بالحجم الذي لا يكفي لمقاومتها دخول المياه. الا ان المياه تعمل حال دخولها بين الحبيبات على ترطيب وتنعيم المواد التي تمسك الحبيبات مع بعضها حيث تبدأ هذه الحبيبات بالانفصال عن بعضها. إضافة الى ذلك فان فعل القطرات الساقطة هو الآخر يساعد على انفصال حبيبات التربة عن بعضها ويعمل على تسريعه، وكذلك تعمل القطرات الساقطة على فصل الدقائق الناعمة من حبيبات التربة وذلك بقذفها الى الاعلى نتيجة قلة وزنها وسهولة رفعها في الهواء. وتؤدي هذه العملية الى تراكم الدقائق الناعمة جداً على سطح التربة مكونة غشاءً سميكاً على السطح، حيث يلاحظ تشققه وانسلاخه عن التربة الاصلية بعد

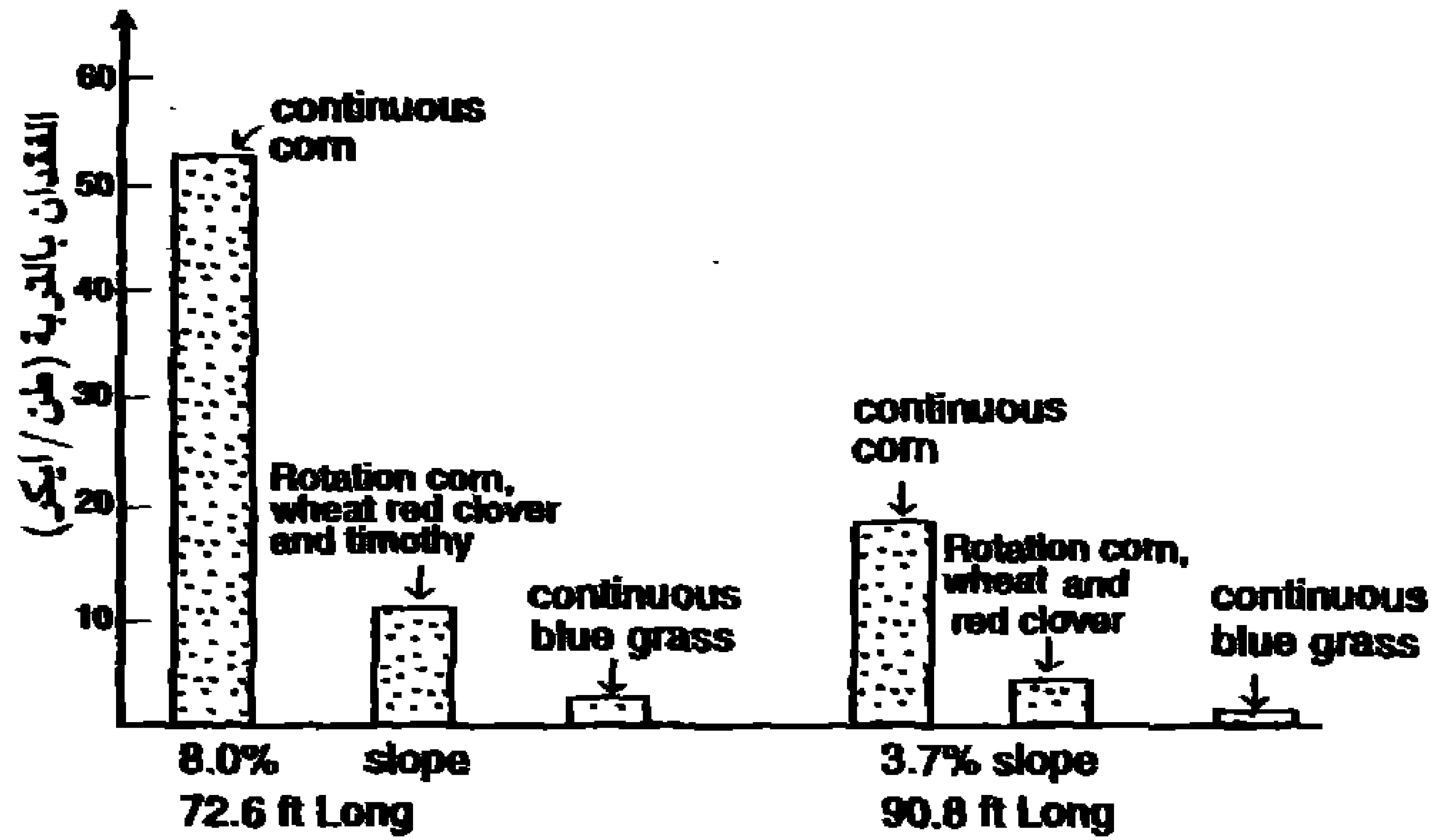
انتهاء المطر وجفاف التربة. ان هذه الدقائق الصغيرة جداً تملأ اية فراغات بين الدقائق الكبيرة مكونة غشاء أو طبقة رقيقة فوق التربة تمنع تسرب المياه ونفوذها خلال سطح التربة، وبذلك تزداد نسبة الجريان السطحي الناجم من العاصفة المطرية. ودائماً ما تحدث مثل هذه الحالات في الترب التي تحتوي على نسبة من المواد الطينية (clays) ولكنها ليست مقتصرة عليها.

يمكن تكوين حبيبات تربة مستقرة تقاوم فعل الامطار بنمو بعض المحاصيل على سطح التربة . وبالترطيب والتجفيف المتتابع للتربة وبالانجماد ايضا. كما ان التربة التي تحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية تقاوم فعل قطرات المطر اكثر من تلك التي لا تحتوي عليها. كما ان تغطية التربة بمخلفات المواد العضوية والاحراش يحمي سطح التربة من فعل قطرات المطر كما يزيد من قابلية التربة على امتصاص المياه.

عندما تكون العواصف المطرية عنيفة وسقوط كميات كبيرة من المياه من اوقات قصيرة فان التربة لا تستطيع امتصاص المياه بمعدل يساوي معدل سقوطها وبذلك فان نسبة عالية من هذه المياه الساقطة سوف تجري على السطح حتى وان كانت الارض رملية.

ان الامطار العالية فوق الاراضي الهائلة المتموجة أو الجبلية تعتبر حالة خطرة من حالات التعرية. وقد لوحظ في احد المحطات التجريبية ان المطرات الاربع ذات الكثافة العظمى التي حدثت خلال عشر سنوات على منطقة معينة سببت 40٪ من فقدان التربة لكل الفترة اعلاه رغم ان هذه المطرات الاربع لا تشكل سوى نسبة 3٪ من الامطار الكلية الساقطة على المنطقة ذاتها.

يلاحظ من الشكل (3–4) مدى تاثير نوع الغطاء النباتي ونظام الزراعة ومقدار الميل وطوله على كمية الفقدان بالتربة نتيجة التعرية وقد اجريت هذه التجربة في امريكا من قبل (Missouri Agr. Exp. Sta.) .



الشكل (3-4) تأثير ميل التربة ونوع الزراعة على كمية التعرية في التربة .

ان النباتات التي تغطي سطح التربة وتملأ التربة السطحية بالجذور الشعرية تحاول مسك التربة في محلها ومقاومة التعرية مثل عدد من انواع الحشائش الكثيفة. ويأتي بعدها نبات الجت والبرسيم حيث يكونان جذوراً شعرية كثيفة تساعد على حفظ دقائق التربة من الصدمات المباشرة لقطرات المطر. والخضروات بصورة عامة فعالة في التقليل من التعرية. اما الحنطة والشعير والذرة فانها تعتبر اقل النباتات فعالية في مقاومة التعرية ولكنها اكثر فعالية من النباتات التي تزرع على خطوط. ان النباتات المذكورة انفاً تحد من عملية التعرية بتأثير جذورها، أما النباتات ذات التفرعات الكثيرة والكثافة الورقية العالية فانها تقلل من عملية التعرية باعتراض القطرات الساقطة والتقليل من سرعتها كثيراً مما يجعل قوة اصطدامها بالتربة ضعيفة جداً لا توثر كثيراً على بناء التربة وتعريتها ولا يقتصر تأثيرها على ذلك بل تساعد على زيادة المياه الراشحة الى التربة باعطاءها الوقت الكافي للنفوذ من السطح.

فيما يلي جدول يبين تأثير نوع النبات والدورة الزراعية على عملية التعرية مأخوذ عن كتاب (اسس علم التربة -ملر) بناء على تجارب اجريت من قبل (Missouri Exp.sta. Res. Bull) .

	Plowed 8 inches un-cropped	Blue grass sod	Wheat each year	Corn Wheat and clover	Corn each year
Tons of soil:	41.08	0.34	10.10	2.78	19.72
No. of years to erode 7 in. of Soil:	24	3043	100	368	50
percentage of Run off:	30.3	12.0	23.3	13.8	29.4
Pounds of soil lost for each of Run off:	6734	142	2149	993	3314

الجدول يبين التربة المفقودة بالطن نتيجة التعرية لمساحة ايكر واحد لكل سنة بسبب الامطار التي تجري مياهها على السطح تحت انظمة زراعية مختلفة .

تجنب تركيز المياه Concentration of water

ان مزيداً من التعرية يحدث عند تركز المياه في قنوات ضيقة والجريان اسفل المنحدرات. ومنع المياه من التجمع والتركز قبل جريانها اسفل المنحدرات اسهل كثيراً واقل كلفة من ايقاف التعرية بعد جريان تلك المياه وتكوينها قنوات صغيرة ضيقة بانحدارات عالية. وان اكثر الطرق فعالية في منع تراكم المياه وتجمعها في قنوات ضيقة تعتمد على مبدأين:

1- ترشيح المياه في التربة ضمن المساحة التي تغذي تلك القنوات الضيقة.

2- تحويل المياه السطحية الجارية الى مجار محيطية تدور حول المنحدرات (مع الخطوط الكنتورية وليس عمودياً عليها). لاحظ تاثير ذلك من الشكل (3-5).

ويجب اخذ الاحتياطات والاستعدادات اللازمة لنقل المياه السطحية الجارية باقل ما يمكن من التركيز بحيث يتم تشتيتها وبعثرتها على أكبر مساحة ممكنة

لكي تمنع من تكوين قنوات صغيرة تتسع كلما اتجهت اسفل المنحدرات حتى تصل قاع الوادي وهي لا تزال منتشرة على السطح غير متجمعة في قنوات عميقة. ان تهيئة قنوات عريضة وضحلة تتجمع فيها المياه بصورة طبيعية يمكن ان تفي بالغرض وتقلل من التعرية الى حد كبير. وفي بعض الاحيان يتم عمل انحدارات بسيطة باتجاه هذه القنوات العريضة لاتاحة الفرصة للمياة بالجريان من انحاء المساحات المجاورة نحو هذه القنوات.

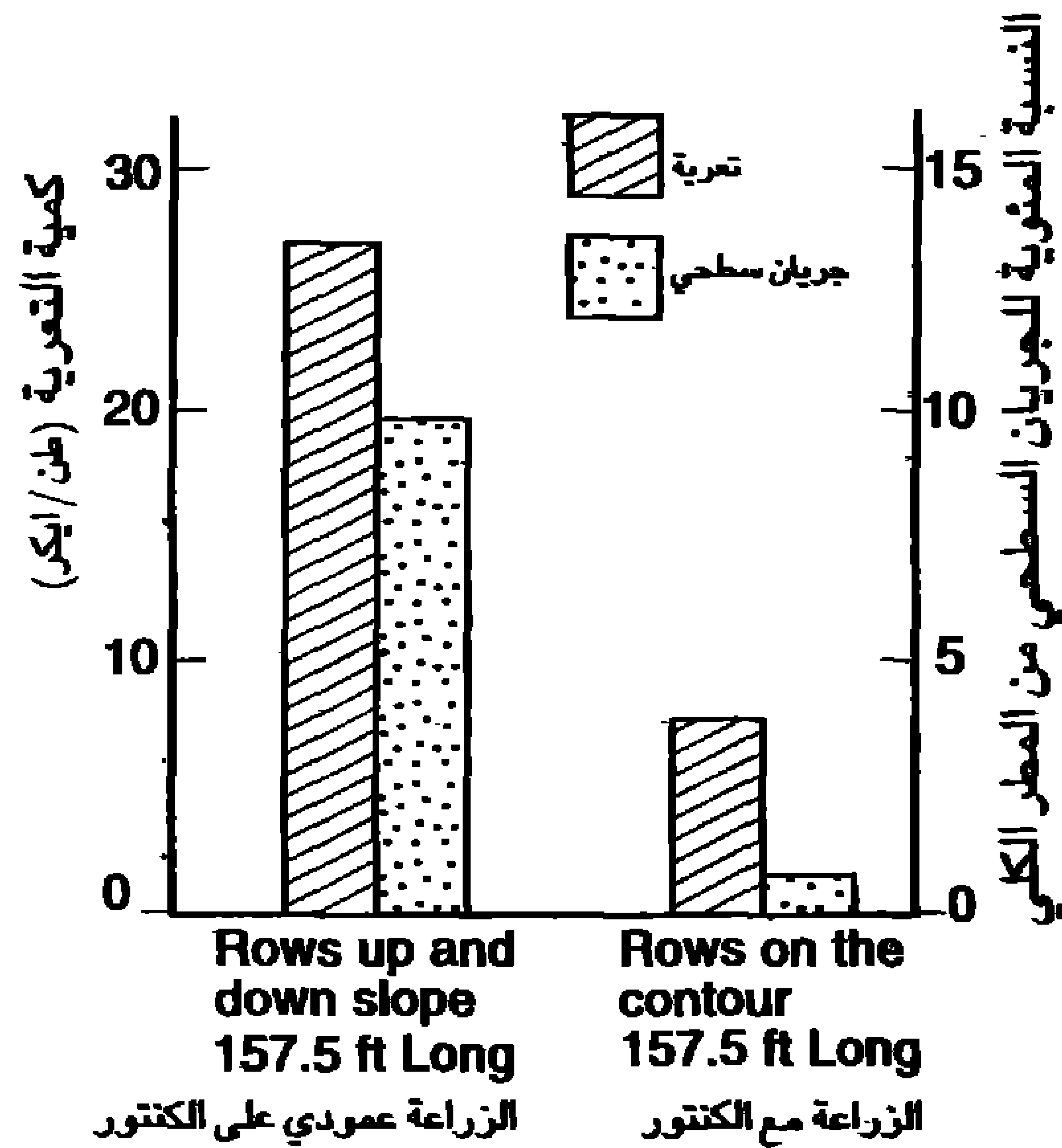
ولمنع التاكل والتعرية في القنوات العريضة يتم بذارها بانواع من النباتات سريعة النمو حيث تغطى البذور بطبقة من التبن او الدريس وتثبت هذه الطبقة بشباك سلكية ناعمة حيث تشتبك النباتات عند نموها مع طبقة التبن مكونة مانع قوي ضد التعرية اضافة الى احتفاظها بكميات كبيرة من المياه تساعد على امتصاص التربة لها وكذلك عرقلة حركة المياه والتقليل من سرعتها وايصالها بأمان الى قاع الوادي.

إعاقة حركة المياه وتقليل سرعتها

كلما زاد الانحدار حدة كانت سرعة المياه الجارية عليه كبيرة. كما ان قابلية المياه على حمل دقائق التربة تزداد زيادة كبيرة بزيادة سرعتها فمثلاً اذا تضاعفت سرعة جريان المياه مرة واحدة فانها تستطيع حمل دقائق حجمها يساوي (64) مرة بقدر حجم ما كانت تحمله قبل ان تتضاعف سرعتها، إضافة الى ان كمية التربة المحمولة من قبل المياه الجارية بسرعة هي ايضا اكثر من التي تحملها المياه بطيئة السرعة. ويتبين من الجدول التالي مدى تأثير السرعة على حجم الانجراف:—

سرعة الجريان قد/ث	0.5	1	2	3	4	5	7	10	15	20	25
قطر قطع الحجر المنجرفة	$\frac{1}{28}$ نج	$\frac{1}{7}$ نج	$\frac{5}{8}$ نج	$1\frac{1}{4}$ نج	$2\frac{1}{4}$ نج	$3\frac{1}{2}$ نج	7نج	1.2 قد	2.7 قد	4.7قد	7.4قد

عندما يكون الانحدار طويلاً وميله متوسطاً فانه يعاني اكثر من الانحدار القصير ذي الميل العالي من التعرية، اي كلما زاد طول الانحدار زادت كمية التعرية رغم ان ميله غير حاد وان عملية السيطرة على التعرية في الانحدارات الطويلة اصعب من السيطرة عليها في الانحدارات القصيرة وان كانت حادة الميل، ذلك لان السيطرة على نقل كميات كبيرة من المياه لمسافات طويلة دون تعرية او اضرار اصعب من السيطرة على كمية قليلة من المياه لمسافة قصيرة وان كانت ذات انحدار شديد.



الشكل(3-5) الزراعة مع الخطوط الكنتورية او عمودي عليها وتأثيرها على نسبة الجريان السطحي وكمية التعرية في التربة . حيث ان الزراعة مع الخطوط الكنتورية تؤدي الى تقليل نسبة المياه السطحية ونسبة التربة المتعرية.

(مأخوذ من: USDA Tech . Bull. 959)

الزراعة مع الخطوط الكنتورية Cultivation on the contour

ان الزراعة مع الخطوط الكنتورية نادراً ما تكون كافية للسيطرة على التعرية. وان سعة السواقي والقنوات التي تعمل بالحراثة باتجاه الخطوط الكنتورية للأرض تكون قليلة بحيث ان هذه السواقي تمتليء بالمياه بعد فترة قصيرة. وتبدأ المياه بالفيضان من جوانبها مؤدية الى تعرية كبيرة. الا ان ذلك يعتبر كافياً عندما تكون الامطار خفيفة والانحدارات ذات ميل متوسط وليست طويلة. ويمكن الحصول على نتائج أفضل عند استعمال الزراعة الكنتورية مع الزراعة على شكل شرائح (strip cropping) او مدرجات (terracing) سوية . ان السواقي ذات المقطع الكبير (furrows) التي تتبع الخطوط الكنتورية لا تمنع التعرية فقط بل تحتفظ بالمياه لفترة مناسبة تتيح فرصة جيدة للمياه للنفوذ من سطح التربة.

الزراعة على شكل شرائح من المساحات المتوازية(Strip cropping)

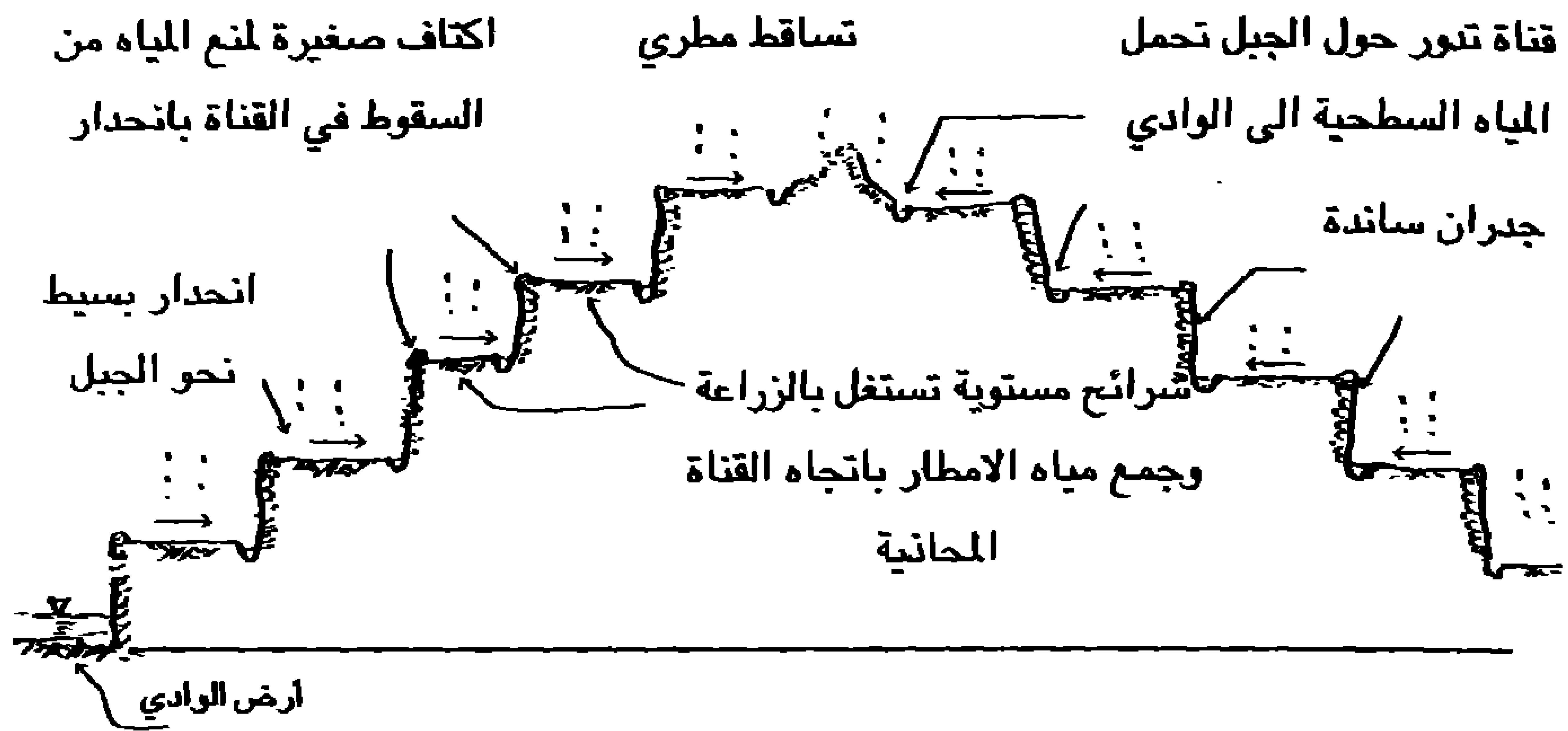
تقسم الارض الى شرائح من المساحات المتوازية بعرض مناسب تقطع المنحدرات وتتبع الخطوط الكنتورية. وتزرع هذه الشرائح بنباتات تختلف في طبيعتها من حيث النمو والشكل والحجم. فعندما تبدأ التعرية في شريحة مزروعة بالحنطة او القطن او البقوليات يمكن ايقاف هذه التعرية في شريحة تلي الشريحة الاولى مزروعة بالحشائش الكثيفة. ثم تتبعها شريحة مزروعة بالحبوب تأتي بعدها شريحة من الحشائش ثم تاتي شريحة من المحاصيل النامية وهكذا. يتحدد عرض كل شريحة بمقدار ميل الانحدار وكمية الامطار المتساقطة وقابلية التربة للتعرية.

الزراعة على المدرجات(terraces)

ان هذه الطريقة كانت ولا تزال معروفة ومستعملة قبل اكثر من مئة سنة في

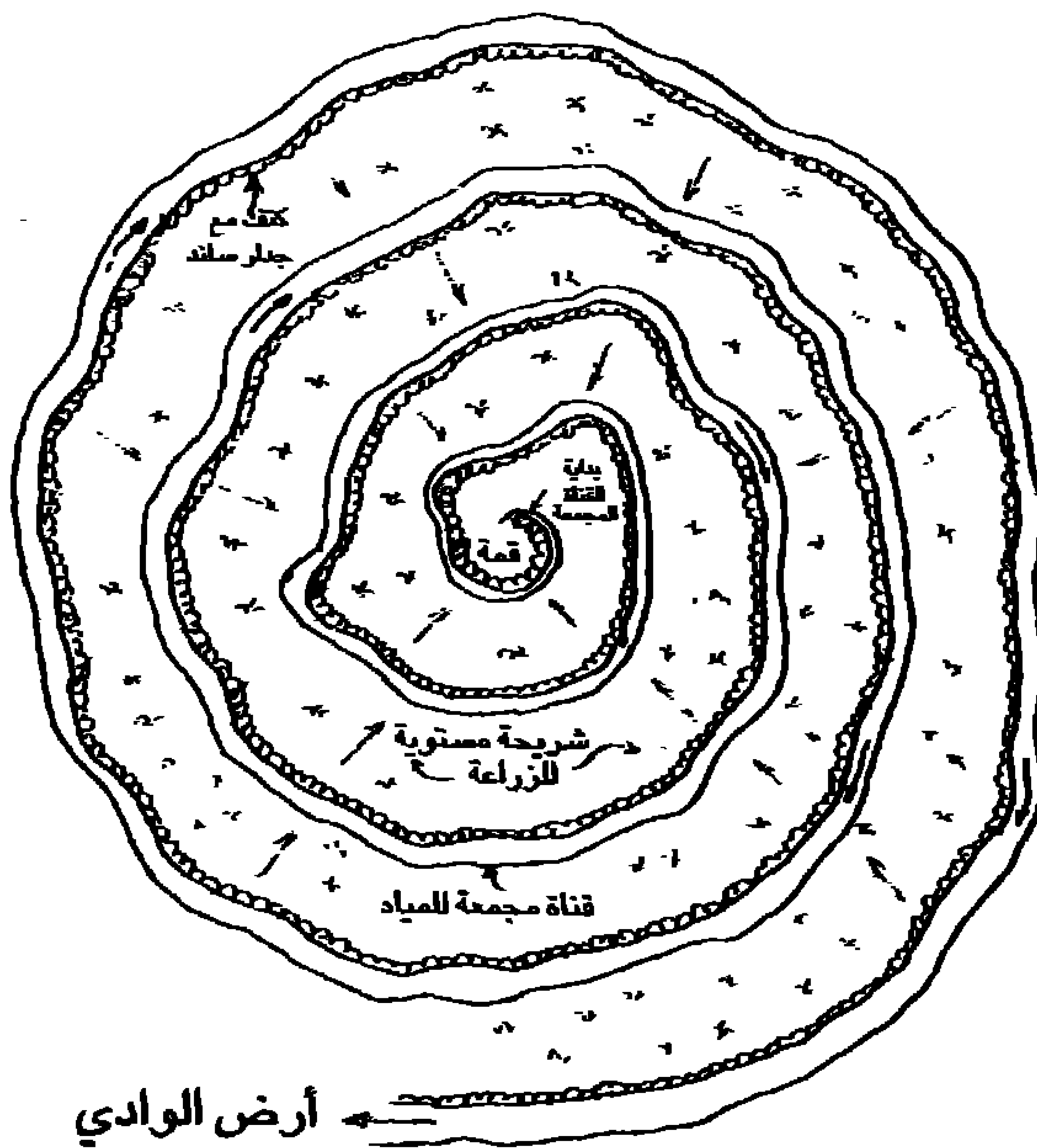
آسيا واوربا وجنوب امريكا. وهي فعالة جداً للحد من التعرية بتقليل سرعة المياه المنحدرة وترشيح جزء كبير منها الى جوف الارض .

وهناك عدة انواع من المدرجات منها على شكل قنوات عريضة ومنها على شكل شرائح ومنها ما يجمع بين الشرائح المستوية والقنوات المحاذية لها. وعلى العموم فان جميع الانواع تجمعها فكرة واحدة وهي منع المياه السطحية من الجريان عمودياً على الخطوط الكنتورية بل تحويلها للجريان مع الخطوط الكنتورية . فاذا اريد زراعة سفوح جبل ما فان المدرجات تعمل على شكل حلقات تطوق جسم الجبل من القمة حتى الوادي متصلة مع بعضها كاتصال حلقات النابض، وبانحدار بسيط جداً لا يسمح بتعرية التربة تستمر هذه الشرائح بالدوران حول الجبل حتى تصل الوادي، ان هذه الحلقات او الشرائح تكون مستوية او مائلة ميلاً بسيطاً باتجاه مركز الجبل وينتهي هذا الميل في قناة تدور محاذية للشريحة من قمة الجبل وصولاً الى الوادي مع القطر الداخلي للشريحة، اي ان القطر الخارجي سيكون ذا منسوب اعلى من منسوب القطر الداخلي للشريحة، وفي الواقع وكما يظهر من الشكل (3-5) ان هذه المدرجات هي عبارة عن شريحة واحدة تبدأ من قمة الجبل وتنتهي في الوادي اسفل الجبل، وتكون هذه الشريحة ذات عرض متغير تبعاً لطوبرغرافية جوانب الجبل وهي تميل قليلاً (ميلاً عرضياً) نحو الجبل لتسمح للمياه الساقطة بالتجمع والاتجاه نحو القناة المحاذية للشريحة من جهة قطرها الداخلي كما ان الشريحة تميل ميلاً طولياً بسيطاً نحو الوادي اي انها تنزل تدريجياً من القمة الى الاسفل كما ان القطر او المحيط الخارجي للشريحة عبارة عن كتف ترابي او حجري يمنع المياه من السقوط بانحدار شديد نحو القناة الواقعة تحت المحيط الخارجي للشريحة. وكذلك فان القنوات المجمعة للمياه هي الاخرى تعتبر قناة واحدة تبدأ من قمة الجبل وتنتهي في الوادي لتصب فيه جميع المياه المتجمعة من المساحة الكلية بجوانب الجبل وان مقطع هذه القناة يزداد ويتسع كلما اتجهت نحو الوادي فتبدأ بمقطع صغير يستوعب مياه المساحة الصغيرة للشريحة المحاذية



الشكل (3-5) مقطع عمودي في الجبل. الزراعة وتجميع المياه المتساقطة بواسطة المدرجات والقناة المحانية.

لها ثم يزداد المقطع،ليستوعب المياه من المساحة الاضافية حتى تصل الى أكبر مقطع لها في نهاية المطاف عند الوادي لتستوعب كل المياه المتجمعة. كما ان ميل القناة الطولي هو نفس ميل الشريحة الطولي (الشكل 3-6) وتصمم هذه القناة على اساس اعلى تصريف للمياه المتجمعة من اعلى عاصفة مطرية مرت بالمنطقة. وتسند



الشكل (3-6) منظر لجبل من الاعلى مزروعة (topveiw) بطريقة المدرجات .

الشريحة الزراعية من جهة محيطها الخارجي بواسطة جدار ساند من الحجر او غيره بحيث يمنع اية انهيارات تحدث للشريحة مما يؤدي الى تعرية شديدة اضافة الى غلق مجرى القناة المجمعة عند موقع الانهيار. ويمكن ان يكون الجدار الساند عمودياً او مائلاً ويفضل ان يكون مائلا لضمان عدم انهياره.

اما اذا كانت الجبال متصلة مكونة سلسلة طولية بحيث لا يمكن ان تتصل الحلقات مع بعضها لتكون شريحة واحدة كما ان القناة المجمعة لا يمكن ان تكون قناة واحدة عندها يتم تقسيم كل جانب من جوانب الجبل او السلسلة الجبلية طولياً الى شرائح وقنوات منفصلة عن بعضها متبعة الخطوط الكنتورية للجانب، ويتم زراعة كل شريحة او مدرج بصورة مستقلة عن الشريحة التي فوقها او التي تحتها. اما القنوات المحاذية لها فانها تاخذ شكل الشريحة ولكنها يجب ان تتصل مع بعضها بشكل او بآخر ليتسنى جمع كافة المياه المتساقطة في آخر قناة قريبة من الوادي. وتتصل هذه القنوات عادة مع بعضها بواسطة منشآت خاصة تصمم لهذا الغرض وتقاوم السقوط الشديد لمياه القناة العليا الى القناة التي تحتها وهكذا حتى تصل المياه الى ارض الوادي. ومن الطبيعي ان يتسع مقطع القنوات تدريجياً حتى تكون آخر قناة اوسع القنوات مقطعاً لتمكينها من استيعاب كافة المياه المتجمعة.

ان هذه الطريقة وان كانت مكلفة وصعبة التنفيذ الا ان كلفتها وصعوبتها لا تقارن بالخسائر والصعوبات التي تلازم الموجة الفيضانية الكلية وهي تخرج من السيطرة. كما انها لا تقارن بالفقدان المستمر للاراضي الزراعية بفعل التعرية.

وتعمل هذه الطريقة اي الزراعة على المدرجات على السيطرة سيطرة شبه تامة على مياه الفيضان باختزالها لطاقتها وسلبها العوالق ودقائق التربة التي

اخذتها لا منعها من جرف دقائق التربة واجبارها على النفوذ باكبر كمية ممكنة الى جوف الارض. كما تؤخر كثيراً من تجمع المياه وتركزها ووصولها الى الوادي او مناطق الخطر مما يتيح فرصة اكبر لاتخاذ الاستعدادات والاحتياطات الضرورية لاستيعاب المياه قبل التعرض لخطرها.

تسريب المياه الى باطن التربة

يعتبر الوقت عاملاً مهماً في عملية امتصاص التربة للمياه اضافة الى خواص التربة ذاتها. ولاجل زيادة الكمية المتسربة الى باطن الارض لا بد من التركيز على هذين العاملين (الوقت وخواص التربة).

اما الخواص التربة التي تساعد في تسريع عملية التسرب فهي التربة التي تحتوي على أكبر كمية من المواد العضوية . اذ ان هذه المواد تتحلل وتتفسخ بمرور الوقت مولدة غازات تؤدي الى توسيع الفراغات بين دقائق التربة كما إن حجم المواد العضوية الذي يشغله قبل التحلل هو اكبر من حجمها بعد التحلل وعليه فان الفراغات داحل التربة تزداد حجماً بعد تحلل المواد العضوية فيها. وبذلك يمكن تحسين خواص التربة بزراعتها وفق دورات زراعية مدروسة وتشجيع زراعة النباتات ذات الجذور الشعرية الكثيفة.

اما زيادة الوقت الذي تبقى فيه المياه مغطية لسطح التربة فقد سبق ان تعرضنا له في اكثر من مرة في الفقرات السابقة وذلك بانشاء السدود الصغيرة وخزاناتها والزراعة على المدرجات والشرائح، والزراعة مع الخطوط الكنتورية الى غير ذلك من الطرق التي تؤدي الى تاخير عملية تركيز المياه وانحدارها.

الفصل الرابع

السدود

والخزانات الكبيرة

1-4 مقدمة

تعتبر السدود والخزانات الكبيرة من اهم المنشآت الواقية من الفيضان وهي تعمل على استيعاب جزء مهم من مياه الفيضان وتخزينه للاستفادة منه في مواسم الجفاف. وقد تملأ هذه الخزانات وتفرغ مرة أو مرتين او أكثر من ذلك خلال موسم فيضان واحد حسب الظروف المطرية لذلك الموسم.

تنشأ السدود والخزانات عادة في مناطق التغذية وهي على الاغلب في المناطق الجبلية حيث تتوفر المواقع الملائمة لانشائها. اضافة الى ان هذه المناطق تعتبر مصدر الفيضان نتيجة تساقط الامطار الغزيرة وتراكم الثلوج والانحدارات الشديدة لاراضيها مما يؤدي الى سرعة تجمع المياه المتساقطة كمياه سطحية جارية بسرعة عالية.

ان تجميع المياه المتساقطة في خزانات كبيرة تقع في مناطق تساقطها اسهل بكثير من نقلها وخزنها او اطلاقها هدراً في البحار.

وتعتبر السدود والخزانات متعددة الاغراض والفوائد فهي اضافة لدورها الفعال في درء خطر الفيضان يمكن الاستفادة منها في:

1- تخزين المياه في مواسم الفيضان والاحتفاظ بها واطلاقها عند الحاجة في مواسم الجفاف للاغراض البشرية والصناعية والزراعية.

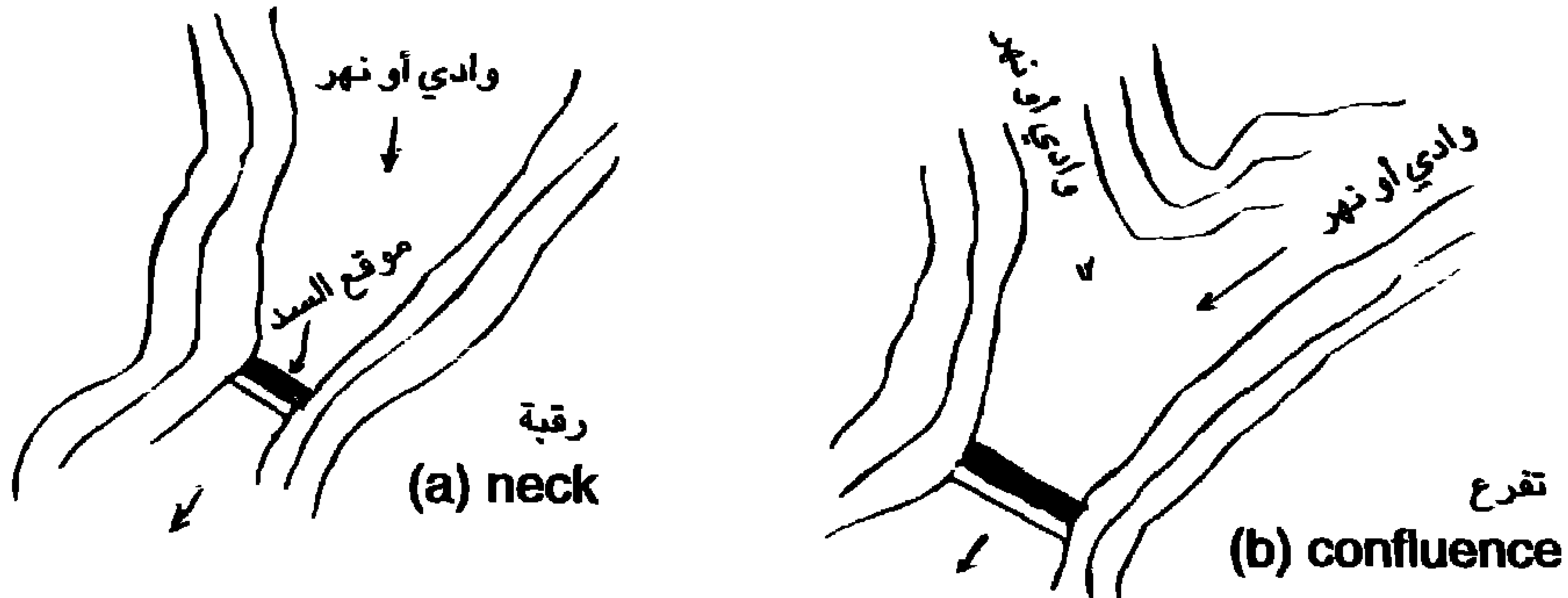
2- توليد الطاقة الكهربائية بشكل واسع.

3- تربية الاحياء المائية ذات المردود الاقتصادي الكبير كالاسماك.

4- الاغراض السياحية بما توفره من منعة وجمال الطبيعة.

2-4 اختيار موقع الخزان ونوع السد (Selection of site)

ان تحديد الموقع لسد ما يعتمد على الغرض الذي سينشأ من اجله السد. وكلما كان السد قصيراً كانت كلفة قليلة، وعليه فان الموقع في هذه الحالة سيكون عندما يضيق الوادي او حوض النهر اكثر ما يمكن، اي عندما يسمى بعنق الوادي .(الشكل a-1-4) . اما اذا اريد من السد ان يحجز كميات كبيرة من المياه فان الوادي او الحوض الذي يؤمن اكبر كمية من المياه مقدم السد هو الافضل. وغالباً ما تنشأ السدود بعد موقع التقاء نهرين او واديين مباشرة لضمان الاستفادة من كلا الحوضين في وقت واحد مما يعطي خزيناً عالياً لمثل هذا السد (الشكل (b-1-4). واذا كان الهدف من السد تغيير مجرى النهر فقط فان الموقع الذي يتم اختياره للسد هو الذي يؤمن اقصر مسافة ضرورية لتحويل المجرى واعادته الى المجرى الجديد. واضافة لما تقدم فان عملية اختيار موقع السد تعتمد على عدة عوامل اخرى منها:



الشكل (4-1) اختيار مواقع السدود

1- نوع السد المراد انشاؤه (ترابي ، كونكريتي، مستقيم ، قوس ... الخ).

2- جيولوجية الاسس والموقع بصورة عامة.

3- توفر المواد الاولية لانشاء السد وامكانية النقل للمواد وغيرها الى الموقع.

4- الكلفة العامة والقيمة الاقتصادية للاراضي التي ستغمر بالمياه بعد انشاء السد.

5- الحالة الهيدرولوجية وتحويل مجرى النهر اثناء التنفيذ.

6- ديموغرافية المنطقة والحالة الاجتماعية والايدي العاملة.

7- عامل الامان ضد الكوارث الطبيعية كالهزات الارضية والفيضان والتفريغ المفاجيء .

8- توفر المعدات والآلات اللازمة للتنفيذ.

وبصورة عامة فان الموقع الجيد هو الذي يؤمن عاملي الفائدة الاقتصادية والامان من الفيضان.

ان عدم توفر الارض الصخرية لاقامة السد تحدد نوعيته حيث لا يمكن انشاء السدود غير الترابية الا على مثل هذه الارض. كما ان عدم توفر بعض المواد التي تدخل في انشاء السدود يحدد نوعيتها ايضا فمثلاً عدم توفر السمنت يجعل اختيار السدود الترابية افضل من غيرها. وعند وجود مشكلة البطالة في بلد ما (unemployment) وتوفر الايدي العاملة الرخيصة يمكن انشاء السدود المبنية بالطابوق او الحجر ومونة السنت لحاجتها الى عدد هائل من الايدي العاملة.

ان جيولوجية الاسس في الموقع المقترح يجب ان تدرس بصورة دقيقة قبل اقرار الموقع. ويتطلب ذلك فحص عدد كبير من النماذج التي تغطي كامل موقع السدود والمساحة الكلية للخزان ولاعماق كبيرة وتعمل الخرائط الجيولوجية

لطبقات التربة لكامل المنطقة لمعرفة الطبقات الضعيفة التي قد تسبب مشاكل خلال وبعد التنفيذ بسبب الضغط العالي الذي تتعرض له.

وبصورة عامة فان فحوصات التربة للاسس تكلف 0.75 - 1.0 بالمائة من الكلفة الكلية للسد. واذا كانت طبقات التربة ضعيفة وذات بناء لا يتحمل فان معالجتها بضخ السمنت أو الطين لتحسين قوة الاسس وتقليل نفاذيتها قدر الامكان لتكون ملائمة لانشاء السد . وفي حالة السدود الترابية فان ضخ الطين في طبقات التربة يعتبر كافياً وشائعاً كجزء من عمليات زيادة قوة الاسس.

من الضروري ربط موقع السد باقرب خط للسكك الحديدية بطريق مبلط لتسهيل عملية نقل المواد الاولية والايدي العاملة والآليات الى الموقع.

عند تنفيذ واقتراح انشاء مثل هذه المنشآت يجب تذكر الخطر الفادح الذي يهدد الحياة في المناطق القريبة عند انهيار السد لسبب ما فانه يضيف لخطر الفيضان القائم خطراً آخر عند انطلاق المياه المخزونة مع مياه الموجة الفيضانية سوية في مجرى ضيق يمكن ان تكتسح تلك المناطق بشدة مسببة دماراً كبيراً.

3-4 التحريات المطلوبة (Investigation)

1- المسح الطوبوغرافي (Topographical survey)

يجب عمل وتحضير الخرائط التالية:

أ- خرائط المسح الطوبوغرافي لموقع السد تتضمن كل المساحة المخصصة لجميع المنشآت المتعلقة والملحقة بمشروع انشاء السد، كالسد الرئيسي، منشأ الجريان العلوي (Spill way)، منشآت التصريف (outlet works)، منشآت التحويل (diversion works) ... الخ . ان الخريطة يحب ان تغطي مساحة تمتد

حوالي 200 متر مقدم و400 متر مؤخر موقع السد ويعرض يتعدى جوانب الموقع بمسافة معينة مناسبة.

ب- خرائط المنطقة التي يغطيها الخزان (Reservoir submergence)

حـ- مسوحات النهر أو الوادي (River surveys) بطول حوالي 10كم مقدم و10كم مؤخر منشأ التحويل (diversion structure).

د- لتثبيت موقع محطات الطاقة فان خرائط المسح يجب ان تغطي مساحة تكفي لاكثر من موقع يحتمل نصب المحطة فيه وان تتضمن خطوطاً كنتورية بمسافات بينية مقدارها (5) متر.

هـ- مقاطع طولية (L-section) للقنوات الخاصة بتوليد الطاقة، وقنوات التحويل، وقنوات الري وجميع القنوات التي تدخل ضمن المشروع.

و- بالنسبة للانفاق (tunnles) يستوجب اخذ مقاطع طولية (L.seclions)على طول مسار النفق (tunnel alighment) مع خريطة كنتورية بمسافات بينية (50) متر تغطي حوالي (100) متر من كل جانب من المسار.

2- **التحري الجيولوجي** (Geological and foundation Inves.)

أ- تحري الاسس للسدود الترابية والحجرية ، والمبينة من الحجر والكونكريت ومحطات الطاقة وقنواتها.. الخ.

ب- التحريات الجيولوجية لتحديد مقاومة ارض الخزان لنفوذ المياه (Water tightness) ، تحديد الترسبات المعدنية الثمينة، الاراضي التي تعرضت للانزلاق (Slide areas) او المحتمل تعرضها له، والثقوب العميقة في طبقات التربة (Sink holes).

حـ- تحديد الطبقات الصخرية والرملية وغيرها التي تؤثر على قوة الاسس ونفاذية المياه.

د- الهزات الارضية ومدى مقاومة المنطقة لها (Seismic condition) .

هـ- تحديد مقالع الحجر والمواد الاولية الاخرى (quarry sites).

3- الدراسات الهيدرولوجية والميتورولوجية:-

أ- تثبيت محطات رصد الامطار والثلوج في وحول المنطقة.

ب- تسجيل وجمع البيانات عن التساقط المطري والثلجي والتبخر والاستهلاك النباتي .

حـ- التحريات المناخية: خطوط الطول والعرض، معدل الارتفاع، المعدل الشهري لدرجات الحرارة ، سرعة الرياح، الرطوبة النسبية ، نسبة الغيوم.

د- الماء السطحي: الجريان المنخفض، الجريان العادي، جريان الفيضان ، الفيضان التصميمي، الجفاف، ونوعية المياه.

هـ- الماء الارضي (Ground water) .

و- ملاحظات الترسب (Sediment observation).

ز- دراسة علاقة الجريان السطحي بالتساقط المطري (Rain fall- Runoff relation) .

ح- حساب الناتج السنوي من المياه (Estimation of annual yields) .

ط- حساب جزء الجريان السطحي (Run off pattern) لموقع السد المقترح.

ي- ايجاد الهيدروكراف لجريان الفيضان (flood -flow) وكمية التصريف القصوى .

4-تحريات المواد الاولية للانشاء (Construction material)

أ- خريطة تبين مواقع مصادر المواد اللازمة : الحجر (الكتل الناعمة والخشنة)، الرمل ، الحصو، التراب، الطين... الخ.

ب- فحوصات قياسية (Standard tests) لتحديد صلاحية المواد بموجب المواصفات العالمية لانشاء :

1- السدود الكونكريتية والمبنية بالحجر.

2- السدود الترابية والحجرية الاملاء.

5-المواصلات (Communications)

أ- الطرق الموجودة والمقترحة ، سكك الحديد والملاحة.

ب- خطوط البرق والهاتف.

جـ- مصادر الحصول على الطاقة مع خطوط نقل الطاقة الكهربائية.

6- الاعتبارات المحيطة (Invironmental consideration)

ويعني ذلك تاثير عمليات التخطيط والانشاء والعمل للمشروع على الامور المحيطية مثل : الملاحة ، تربية الاسماك، الحيوانات البرية (wild life) وجمالية المنطقة والسياحة.

4-4 حساب سعة الخزان (Storage cap.) من المسح الطوبوغرافي

يمكن حساب سعة الخزان من الخريطة الكنتورية للموقع المقترح وذلك بحساب المساحة المحصورة داخل كل خط كنتوري بواسطة البلانوميتر وعندها يمكن حساب الحجم من المعادلة التالية:-

$$V = 0.5\,(A_0 A_{+1})L \text{...(the average - end - area method)}$$

حيث A_0 ، A_1 المساحات المقاسة بالبلانوميتر لخطين كنتوريين متجاورين و L = المسافة البينية بين الخطوط الكنتورية.

ويمكن استعمال المعادلة الاخرى التالية:

$$V = \frac{L}{6}\,(A_0 + 4M + A_1) \text{...(the prismoidal method)}$$

وتستعمل هذه الطريقة عندما يكون عدد الخطوط الكنتورية فردياً. وتمثل M المساحة المحصورة للخط الكنتوري الواقع في منتصف المسافة بين خطين كنتوريين، L = المسافة البينية بين الخطين الكنتوريين.

مثال 4-1:

نفترض ان الموقع المقترح للخزان على شكل مخروط منتظم وان الخطوط الكنتورية على شكل دوائر منتظمة والمسافات البينية بينها L= 10 متر ، وان قطر الخزان عند أعلى منسوب هو 3 كيلومتر (الشكل 4-2) جد سعة الخزان: رياضيا، بطريقة معدل نهاية المساحة، الطريقة المخروطية.

الحل:

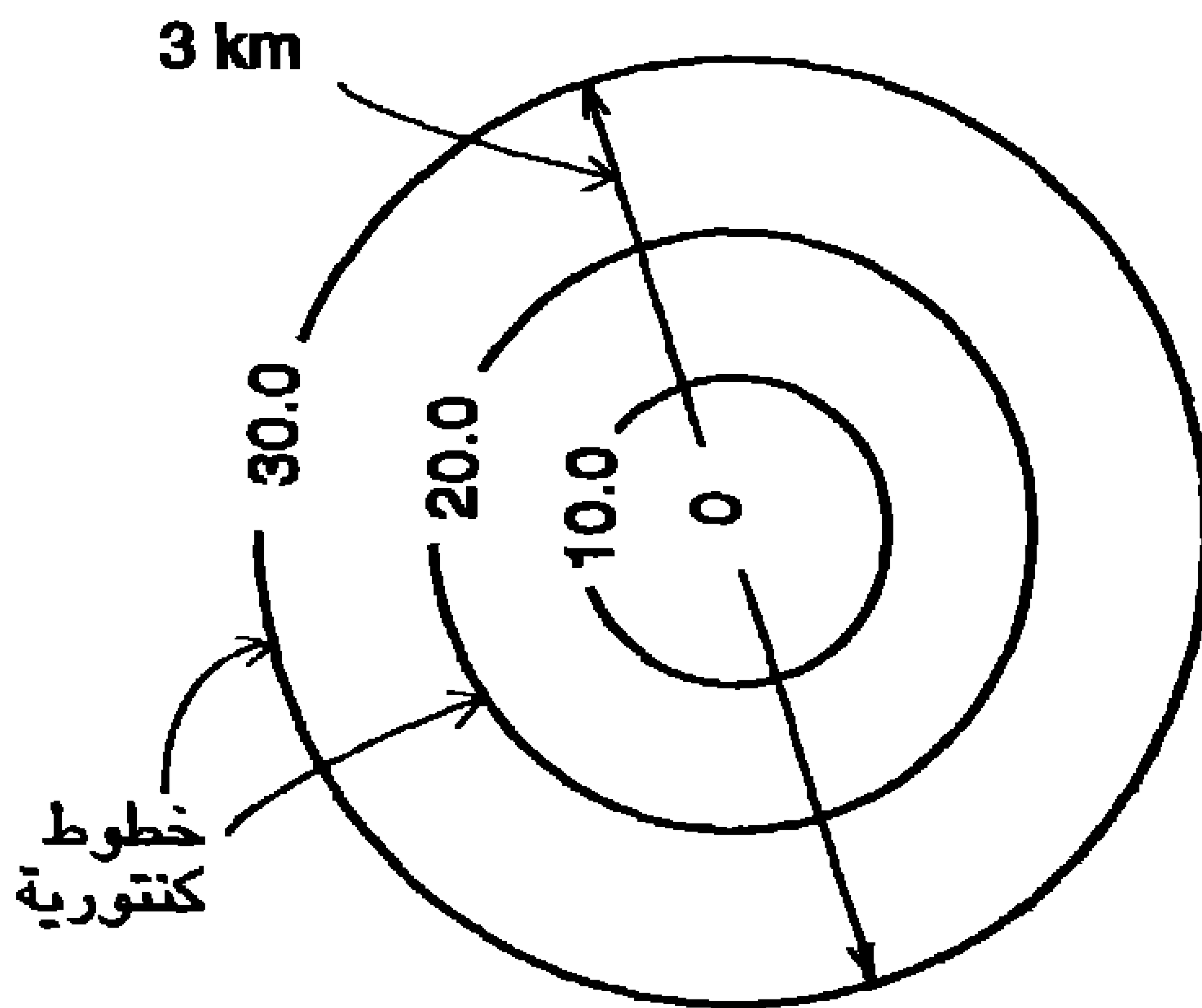
1- رياضياً:

حجم الخزان = $\frac{1}{3}\pi$ نق^{2}ع

$= \frac{1}{3} \times \frac{22}{7}(1.5)^2 \left(\frac{30}{1000}\right)$

= 0.0707 كم^3

= 70.70 ×10^6 متر مكعب



الشكل (4-2) مقترح لخزان مخروطي منتظم

2-طريقة الـ(Average - end - area):-

يتم قياس المساحة المحصورة داخل كل خط كنتوري بواسطة البلانوميتر وهي في هذا المثال تساوي مساحة الدوائر المنتظمة التي تمثل الخطوط الكنتورية اي ان :-

A_0 = صفر

A_1 = π نق 2 = $(0.5)^2 \times \frac{22}{7}$ = 0.7857 كم2

A_2 = 3.143 كم2 ، A_3 = 7.071 كم2.

$V_1 = (A_1 + A_0) \times \frac{L}{2}$ = $\frac{0.7857 + \text{صفر}}{2} \times \frac{10}{1000}$ = 0.0039 كم3 =

= 3.9×10^6 متر 3

$V_2 = \frac{3.143 + 0.7857}{2} \times \frac{10}{1000}$ = 0.0196 كم3 = 19.6×10^6 متر مكعب

V_3 = 0.0511 كم3 = 51.1×10^6 متر مكعب

الحجم الكلي للخزان = $(51.1 + 19.6 + 3.9) \times 10^6 = 74.6 \times 10^6$ متر مكعب

3-الطريقة المخروطية (Prismoidal method) :

$$V_1 = \frac{L}{6}(A_0 + 4M + A_1)$$

A_0 = صفر

$M_1 = (0.25)^2 \times \frac{22}{7}$ = 0.1964 كم2

A_1 = 0.7857 كم2

∴ V_1 = $\frac{10 \times (0.7857 + 0.1964 \times 4 + \text{صفر})}{1000 \times 6}$ = 0.0026 كم3

= 2.6×10^6 متر مكعب

$M2 = (0.75)^2 \times \frac{22}{7} = 1.768$ كم²

$\therefore V2 = \frac{10 \times (3.143 + 1.768 \times 4 + 0.7857)}{1000 \times 6} = 0.0183$ كم³

$= 18.3 \times 10^6$ متر مكعب

$V3 = 5.6 \times 10^6$ متر مكعب •

الحجم الكلي للخزان = $(2.6 + 18.3 + 50.6) \times 10^6 = 71.5 \times 10^6$ متر مكعب

وبذلك تكون النتائج كما يلي: رياضيا : الحجم = 70.70×10^6 متر مكعب وهو الحجم الحقيقي.

طريقة معدل المساحة : الحجم = 74.60×10^6 متر مكعب

الطريقة المخروطيــة : الحجم = 71.50×10^6 متر مكعب

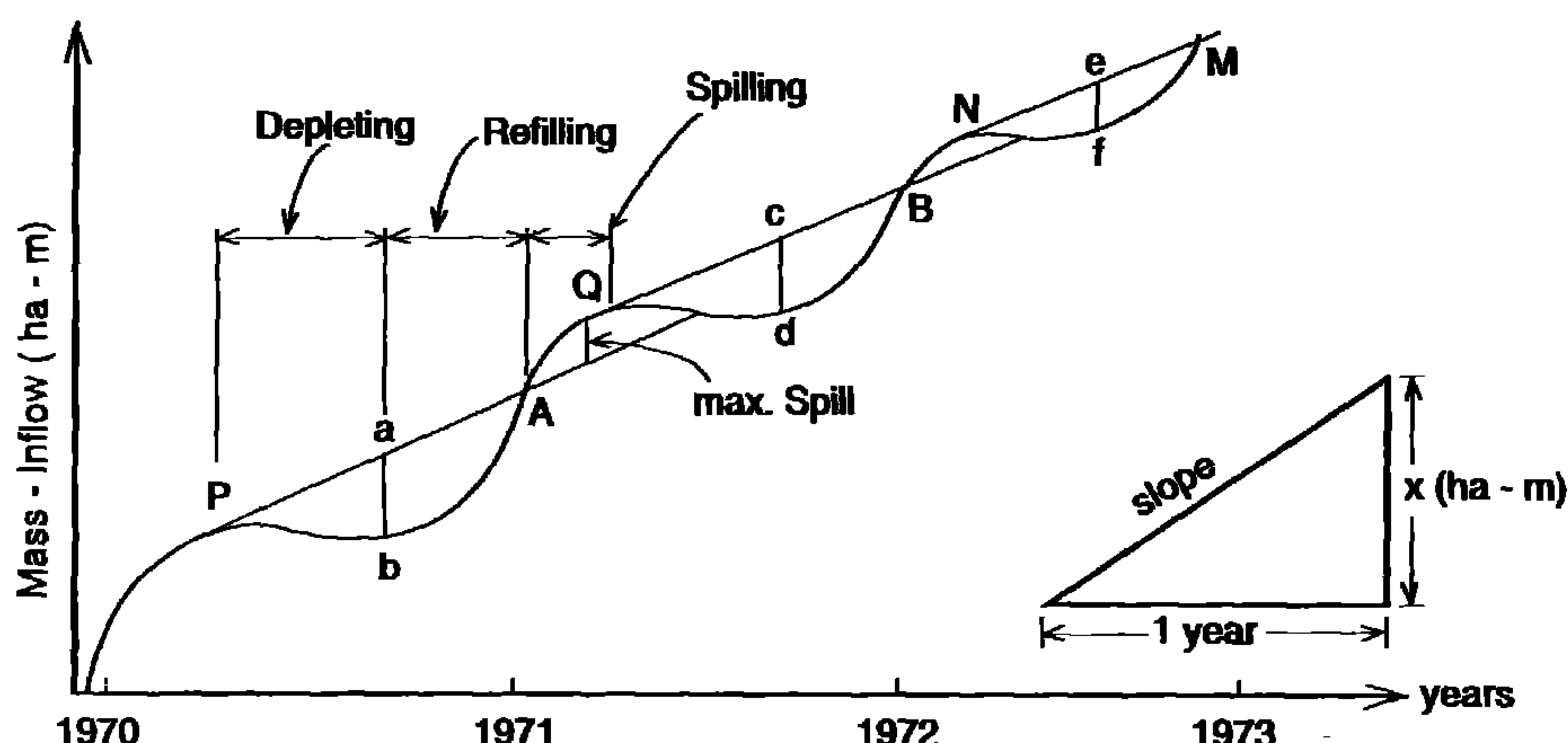
وبذلك تكون النتائج المستخرجة بالطريقة المخروطية Prismoidal method أدق واقرب الى الواقع فهي اذن المفضلة.

5-4 حساب سعة الخزان المطلوبة من بيانات المنطقة

لحساب السعة الخزنية المطلوبة لخزان ما فان منحنى الكتلة (mass curve) للجريان الداخل (Inflow) يتم رسمه اولاً. ومن معدل الطلب اللازم من المياه (needed demand rate) يمكن الحصول على ميل خط الطلب (Slope of the demand line).

معدل الطلب (demandrate) = الميل (Slope) = $\frac{X \text{ha - m}}{1 \text{ year}}$ (كما يظهر في (الشكل 4-3) ومن نقاط التصريف العظمى مثل (N, P, Q) على منحنى الكتلة يتم رسم المماس لكل نقطة (NM, QB, PA) بحيث يكون كل مماس موازياً الى خط الطلب (demand line) . ان اكبر مسافة عمودية (ordinate) بين منحنى

الكتلة وخط الطلب تعطي سعة الخزان الذي يجب انشاؤه. في الشكل (3-4) الخط العمودي (ab) هو اطول الخطوط العمودية (ab,cd, and ef) وعلى ذلك فهو يعطي سعة الخزان المطلوبة.



الشكل (3-4) سعة الخزان من المنحنى الكتلي

ويفترض ان يكون الخزان ممتلئاً في النقاط (P,A,Q,B) . ويلاحظ ابتداءاً من نقطة P على منحنى الكتلة ان مقدار العجز او النقص يزداد تدريجياً تبعاً للنقص بالجريان الوارد (Inflow) ويصل هذا العجز الى اقصاه (=ab) في نقطة b وبعد هذه النقطة يبدأ العجز بالتناقص حتى يصل الى الصفر في نقطة A وهي النقطة التي تبين امتلاء الخزان ايضا. وعليه عند وبعد النقطة A وحتى Q يكون الخزان ممتلئاً وان اي جريان وارد اكبر من مقدار الطلب يجب ان يطلق خارج الخزان بالسفح (Spilling) .

يلاحظ في الشكل (3-4) في هذه الحالة ان منحنى الطلب هو خط مستقيم . واذا كان منحنى الطلب غير مستقيم فهذا يعني ان الطلب غير ثابت او مستقر خلال الوقت ويزيد او يقل وهكذا. وفي هذه الحالة تكون هذه الطريقة لحساب

سعة الخزان غير مجدية واللجوء الى الحلول والحسابات من البيانات أكثر ملائمة منها.

مثال 4-2: ما هي سعة الخزان اللازمة لتأمين تصريف سنوي (Safe yield) مقداره 7500 acre-ftl/yr (7500 ايكر - قد / سنة) لمنطقة كان المنحنى الكتلي لها كما في الشكل (4-4).

الحل :

1-نعين ميل منحنى الطلب بالمستقيم (ab) وهو يساوي $\frac{\text{75000 أيكر - قدم}}{\text{1 سنة}}$

2- نرسم خطوطاً مماسة لمنحنى الكتلة وموازية الى (ab) في نقاط التصريف العالي (A,B,D,..) حتى تقطع المنحنى.

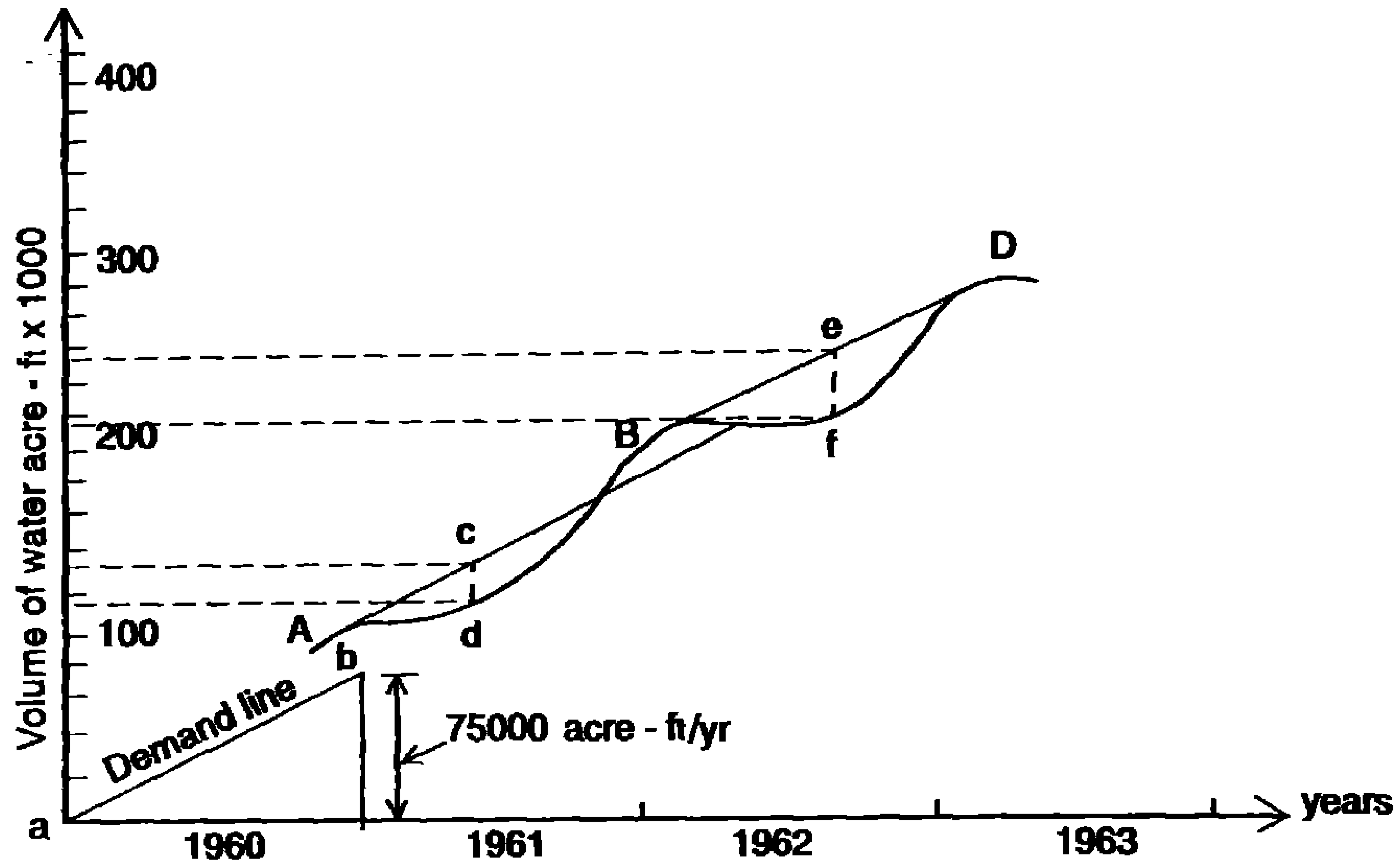
3- نعين مقادير العجز بين هذه المماسات ومنحنى الكتلة حيث كانت:

cd= 22000 ايكر - قد ، ef = 26000 أيكر - قد

∴ سعة الخزان المطلوبة = 26000 أيكر - قد اي تساوي اكبر عجز حاصل.

يلاحظ هنا ان مقدار الطلب هو الذي حدد سعة الخزان. الا انه يجب إدخال عوامل اخرى في حساب سعة الخزان اهمها مقدار الفيضان المتوقع في المنطقة اي ان حجم الخزان يجب ان يحقق الطلب اضافة الى استيعاب كميات المياه الفائضة اثناء موسم الفيضان.

ومن العوامل الاخرى التي تحدد حجم الخزان هي مقدار فترة الجفاف المتوقعة والتي يمكن ان تمر بالمنطقة . اذ قد لا يحصل فيضان في المنطقة وتحصل مواسم جفاف متتالية لعدة سنوات . عليه فان حجم الخزان يفترض ان



الشكل (4–4) مثال توضيحي

يستوعب من المياه ما يكفي لسد الحاجة خلال هذه المواسم الطويلة من الجفاف. وعليه يفضل حساب سعة الخزانات من خلال البيانات والمعلومات والدراسات الخاصة بالمنطقة خلال اطول فترة من تاريخ المنطقة الماضي بحيث تستوعب اكبر كمية من مياه الفيضان المتوقعة او التي مرت بالمنطقة اضافة الى سد الحاجة لكافة مواسم الجفاف التي قد تمر والتي سبق وان مرت بالمنطقة بحيث تكون هناك موازنة بين مياه الفيضان ومقدار النقص في مواسم الجفاف.

مثال 4–3 :

في الجدول التالي الاعمدة (8،5،4،2،1) والمعطاة قيمها تشير الى الوقت، متوسط معدل الجريان الشهري الوارد. التساقط المطري خلال الشهر، التبخر الشهري، ومقدار الطلب الشهري على التوالي، وقد تم اقتراح خزان مساحته (6000) هكتار . احسب سعة الخزان . (افترض ان عدد ايام كل شهر من

اشـهر السنة هو 30.4 يوم واجر الحسابات لسنة هيدرولوجية تبدأ من شهر تموز (july) .

الحل:

من البيانات المعطاة للمطر والتبخر والجريان الشهرية (على سطح الخزان) يمكن حساب حجم الماء الوارد الشهري الكلي في العمود (7) كما يلي:

العمود (3) = العمود (2) × $\frac{24 \times 3600 \times 30.4}{^{4}10}$ هكتار – متر

العمود (6) = $\frac{\text{العمود (4) – العمود (5)}}{100}$ × 6000 هكتار – متر

العمود (7) = العمود (3) + العمود (6)

العمود (9) = العمود (7) – العمود (8) [القيم التي تزيد على الطلب فقط].

∴ السعة الكلية للخزان = مجموع قيم العمود (9).

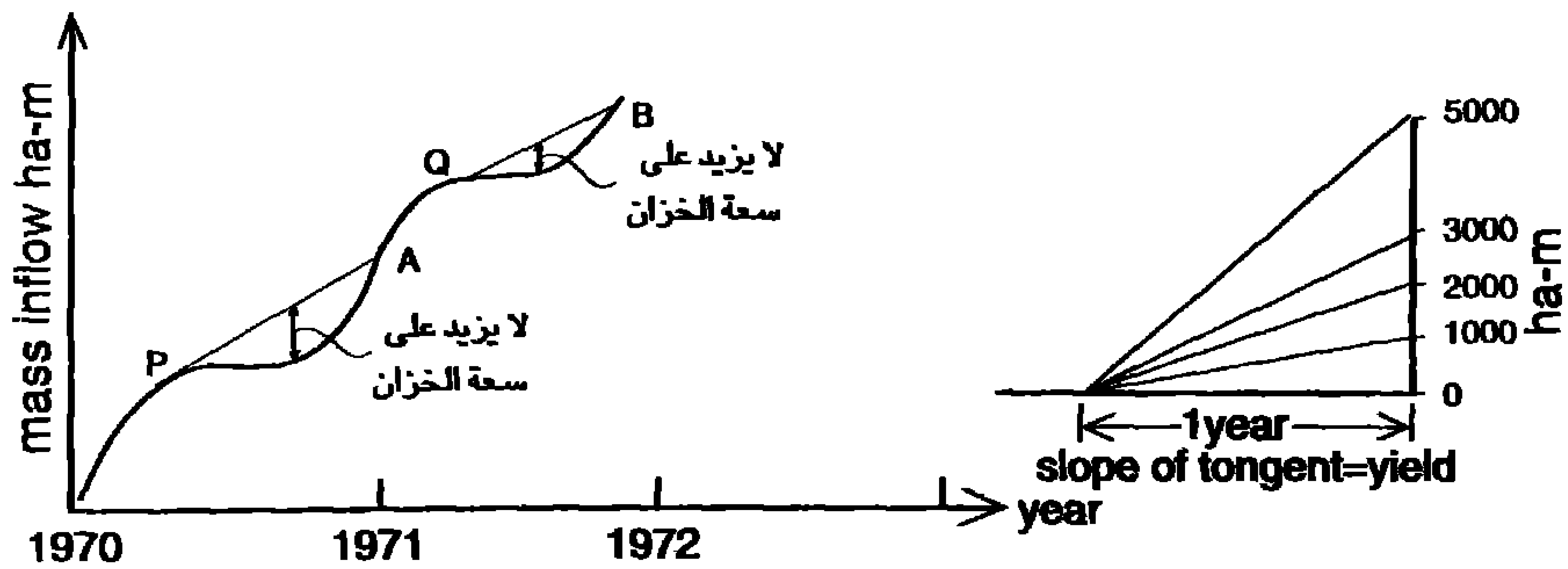
= 19590 هكتار – متر.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Mean month. flow	Monthly flow volume	Rain-fall	Evapo-ration	Net-vol gain	Storage	Demand	Withdrawl from storage
Month	m^3/Sec	ha-m	cm	cm	ha-m	ha-m	ha-m	ha-m
Jul.	27	7100	13.5	15.5	-120	6980	1250	---
Aug.	29	7750	17.5	7.5	600	8350	1875	---
Sep.	30	7880	14.0	8.0	360	8240	2500	---
Oct.	27	7100	2.5	12.5	-600	6500	3750	---
Nov.	31	8150	0.5	6.5	-360	7790	4500	---
Dec.	15	3940	0.0	4.0	-240	3700	4500	-800
Jan.	6	1575	0.0	5.0	-300	1275	4500	-3225
Feb.	3	790	0.0	8.0	-480	310	4400	-4090
Mar.	1	262	0.0	10.0	-600	-860	4250	-5112
Apr.	2	525	2.0	13.0	-540	-1065	2500	-3565
May	7	1840	4.5	19.0	-900	940	2250	-1310
Jun.	1	262	10.0	20.0	-600	-338	1250	-1588

Res. Capacity = 19590(ha-m)

6-4 ناتج الخزان من المياه (Yield ftom the Reservior)

لتحديد ناتج المياه من خزان معلوم السعة، ترسم خطوط مستقيمة مماسة لمنحنى الكتلة (mass curve) من النقاط العظمى في المنحنى مثل (P,Q,N) في الشكل (4-5) بحيث تكون المسافة العمودية (ordinate) بين اي مماس ومنحنى الكتلة لا تتعدى سعة الخزان المعلومة. ان ميل هذه الخطوط (المماسات) يعطي الحاصل او الناتج المضمون (Safe yield) لتلك الفترة. ان المماس ذا الميل القليل (flatest line) يعطي الناتج المعتمد (Firm dependable yield) من الخزان. لقياس الميول فان خطوط الطلب (demand lines) ذات المعدلات المختلفة (والميول المختلفة طبعاً) ترسم على نفس المرتسم . اذن فان ميل المماس (وهو الذي يعطي الناتج المضمون) يمكن الحصول عليه من مطابقته ومقارنته مع الميول المختلفة لمعدلات الطلب والمرسومة في مرتسم واحد فهو سيطابق او يكون قريبا من واحد من هذه الميول وعليه فهو يساوي له اذا كان مطابقاً او تستخرج قيمته بالنسبة لمقدار انحرافه عن اقرب ميل له في المرتسم المذكور.



الشكل (4-5) استخراج ناتج الخزان من منحنى الكتلة

7-4 الترسبات في حوض الخزان (Sedimention)

ان طول او قصر عمر الخزان النافع او الحي لا يتحدد بمتانته وقوته وجودة تصميمه وتنفيذه فقط بل ان عوامل اخرى تؤثر كثيراً على عمر الخزان وفائدته واهم تلك العوامل هو تناقص سعة الخزان بتراكم الترسبات في حوضه وبمرور الوقت يصبح الخزان ذا سعة قليلة جداً لا تفي بالغرض. وليست الخسارة فقط خسارة سعة الخزان او الخزان نفسه بل اضافة لذلك خسارة موقع الخزان سيما وان عدد المواقع الملائمة لانشاء السدود والخزانات محدودة وذات قيمة ستراتيجية كبيرة. وهذا يعني خسارة عنصر مهم من عناصر الحياة الطبيعية. عليه يجب ان تتخذ الخطوات العملية لتقليل معدل الترسب الى اقل ما يمكن لاطالة عمر الخزان.

وللوقوف على مدى خطورة هذه المشكلة نذكر بعض الامثلة عن الترسبات في الخزانات. فقد تم اجراء مسح لـ 24 خزاناً في الولايات المتحدة لتحديد كميات الترسب فيها من قبل (U.S.Bureau of Reclamation) لفترة حوالي 15.3 سنة حيث اظهرت النتائج بان معدل فقدان هذه الخزانات من سعتها الخزنية هو 20.8٪ من سعتها الكلية. كما ان خزان (Washington Mills Reser) فقد 83٪ من سعته الخزنية خلال 33.5 سنة وفي المكسيك سد (Elephant Butte) فقد 17٪ من سعته الخزينة للفترة من 1915-1947 نتيجة الترسبات.

ولغرض السيطرة على الترسبات في الخزانات تستعمل عدة طرق ومنشآت منها:

1-أحواض التصفية (Settling Basins) تنشأ هذه الاحواض مقدم الخزانات لغرض ترسيب العوالق الصلبة من المياه الواردة من الانهار والوديان مباشرة حيث تمر المياه المراد خزنها في هذه الاحواض حيث تكون سرعتها بطيئة نسبياً

او تبقى ساكنة لفترة معينة كافية لترسيب العوالق منها ثم يسمح لهذه المياه بالدخول الى الخزان بعد ان فقدت معظم العوالق فيها. ان مثل هذه الاحواض تحتاج الى مساحات واسعة ومنشآت دخول وخروج المياه مما يجعلها مكلفة اضافة الى كونها تحتاج الى تنظيف مستمر من الترسبات بين فترة واخرى لاعادة سعتها لمرور المياه.

2- تقسيم المجرى الرئيسي الى عدد من القنوات العريضة المقطع والتي ترتبط هي الاخرى بانفاق جانبية لغرض الاستفادة من هذه الانفاق لمرور المياه اثناء غلق القنوات الاولى لاغراض التنظيف من الترسبات واعمال الصيانة. وفي هذه الحالة تتكون شبكة من القنوات الطولية والجانبية والانفاق الطولية والجانبية تقع مقدم الخزان وتصمم بحيث تسمح بمرور المياه بسرعة بطيئة تكفي لترسيب العوالق من المياه قبل دخولها الخزان .

3- توزيع المياه المتجمعة من الامطار في عدد من المجاري العريضة وتهيأ الظروف الملائمة لنمو النباتات في هذه المجاري مما يؤدي الى تقليل سرعة المياه وزيادة سرعة الترسب .

4- خبط مياه الخزان بالكراكات (dredging) بصورة مستمرة وتصريف المياه الخابطة التي تحمل اكبر كمية من العوالق لمعظم الكميات التي يتم اطلاقها من الخزان. وتعتبر هذه العملية ناجحة الى حد ما ولكنها غير فعالة في الاماكن البعيدة عن مخارج المياه من الخزان اذ سرعان ما تعود هذه العوالق بالترسب في الخزان.

وهناك طرق اخرى كثيرة الا ان معظمها غير مجدي ومكلف للغاية، أضف الى ذلك ان ما ذكر ولم يذكر من هذه الطرق يحدد استعمالها بظروف الخزان المحيطة حيث ان بعض المواقع لا يمكن استعمال مثل هذه الطرق جميعها او بعض منها.

وان افضل السبل لتقليل الترسبات في الخزانات هو تقليل نسبة العوالق في المياه والحد منها في مواقعها الاصلية قبل وصولها موضع الخزان وذلك بمكافحة تعرية التربة قدر الامكان في مناطق التغذية كما مر ذكره مفصلاً في الفصل الثالث.

8-4 فقدان المياه نتيجة التبخر

تعتمد كمية المياه المتبخرة من السطح المائي على:

1- العوامل المناخية كدرجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الرياح والاشعاع الشمسي وضغط البخار .

2- نوعية المياه كنسبة الاملاح فيها فان زيادة 1٪ في الاملاح يقلل التبخر بنسبة 1٪.

3- عمق المياه فعندما تكون ضحلة تكون نسبة التبخر في الصيف عالية وعندما تكون عميقة تكون نسبة التبخر عالية في فصل الشتاء نتيجة الطاقة الكبيرة المخزونة في اعماق المياه.

4-طبيعة المسطح المائي والظروف المحيطة به.

توجد عدة طرق لاستخراج مقدار التبخر من المسطحات المائية نذكر منها:

أ- معادلة مير (meyer):

$$E= C\left[(es- ea)(1+ \frac{7}{10})\right]$$

حيث E= معدل التبخر (1 نج / يوم) ، c= معامل تجريبي تتراوح قيمته بين

0.36 فوق مسطح مائي عادي (بحيرة) ويصل الى 0.50 فوق مستنقع ضحل او وعاء تبخر او المنخفضات السطحية.

es = ضغط بخار الماء المشبع (saturation vapor pr) انج زئبق.

ea = ضغط بخار الماء في الجو (Vapor pressure of air).

ea = es عند رجة حرارة الهواء × نسبة الرطوبة في الهواء.

V= سرعة الرياح (ميل / ساعة) على ارتفاع 25 قدم فوق السطح.

عندما يكون التبخر من البحيرة =EL والتبخر من وعاء التبخر = Ep فان النسبة $\frac{E_L}{E_p} = 0.7$

مثال 4-4:

جد مقدار التبخر من خزان مساحته السطحية 10ميل مربع خلال يوم كان معدل درجة الحرارة فيه 87 في ودرجة حرارة الماء 63 فْ وسرعة الريح 10 ميل/ ساعة والرطوبة النسبية 20٪ (استخرج قيمة es و ea من الجدول ادناه).

es	فْ
0.18	32
0.25	40
0.36	50
0.52	60
0.74	70
1.03	80
1.42	90
1.94	100

الحل:

es = 0.58 انج زئبق (من الجدول) عند درجة حرارة الماء.

es = 1.3 عند درجة حرارة الهواء.

∴ ea = 1.3 × 0.20 = 0.26 انج زئبق.

∴ معدل التبخر = E = 0.36 (0.58- 0.26) $(1+ \frac{10}{10})$

= 0.23 انج في اليوم

حجم الماء المتبخر = معدل التبخر × المساحة = $\frac{0.23}{12} \times 10 \times (5280)^2$

= 53.4×10^5 قدم مكعب

ب= معادلة دالتون (Dalton's law)

$$E= C(es - ea)$$

حيث E = معدل التبخر، es = ضغط بخار الماء المشبع (نج زئبق) ، ea = ضغط البخار في الهواء (انج زئبق) ، C= ثابت = $C'(1+ 0.1w)$.

حيث ´C = 15 لمعدل التبخر الشهري من اوعية التبخر والمستنقعات الضحلة.

= 11 لمعدل التبخر الشهري من الخزانات والبحيرات الصغيرة .

W = معدل سرعة الريح (ميل / ساعة) على ارتفاع 25 قدم.

مثال 4-5 :

جد معدل التبخر لشهر حزيران من مستنقعات ضحلة اذا كانت درجة حرارة سطح الماء فيها 60ْ ف ومعدل سرعة الريح 3 ميل/ ساعة ودرجة حرارة الهواء 70فْ والرطوبة النسبية 40٪

الحل:

$C = C'(1 + 0.1W) = 15(1+0.1 \times 3) = 19.5$

es = 0.74 عند درجة حرارة الهواء 70ْ ف

es = 0.52 عند درجة حرارة الهواء 60ْ ف

$\therefore ea = 0.74 \times 0.40 = 0.29$

$\therefore E = 19.5(0.52 - 0.29) = 4.48$ أنج / شهر.

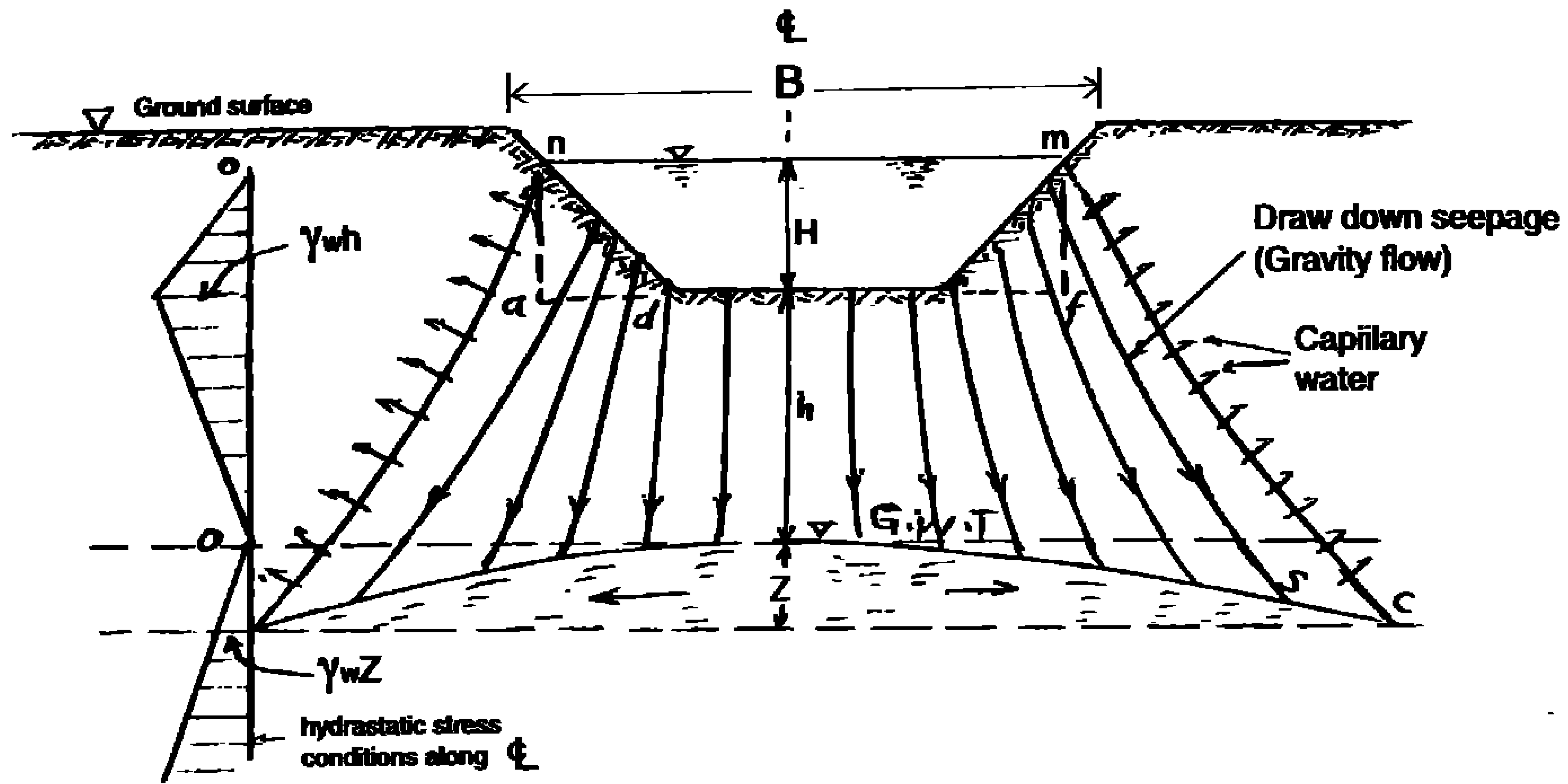
9-4 فقدان المياه بتسربها من قعر الخزان (Percolation)

ان فقدان المياه بنفوذها خلال قعر الخزان الى باطن التربة يقل تدريجيا وبكمية كبيرة بعد تشبع تربة حوض الخزان بالمياه اولاً وبعد حدوث الترسبات من العوالق الموجودة في المياه على قعر الخزان ثانياً. وتزداد هذه المفقودات بالتسرب عندما تكون التربة في قعر الخزان وحوله ذات رطوبة قليلة. وقد يصل الفقـدان الى (15-25٪) من سعـة الخـزان عنـدما يكـون المحيـط جافـاً.

ويمكن تقدير كمية المياه المتسربة من الخزان الى التربة باستخدام قانون دراسي V=Ki (Darcy's law) . الشكل (4-6) يبين حالة تسرب المياه من مجمع مياه كأن يكون نهراً كبيراً او خزاناً الى الماء الارضي (Ground water) حيث يتصل الماء المتسرب هيدروليكياً مع الماء الارضي. (وتنطبق هذه الحالة ايضا على الاراضي التي تغمر بمياه الامطار المتصلة ذات القطرات الصغيرة الحجم التي لا تؤثر على طبيعة سطح التربة من ناحية تركيبه). وكذلك في حالة تخزين المياه في الطبقات السفلى تحت سطح التربة.

ان ماء التسرب ياخذ شكل سطح منسوب الماء من النقطة m الى النقطة S. أما سرعة تسرب الماء الى الاسفل خلال مقطع افقي لتربة متجانسة استناداً لقانون (Darey) هي: $v = Kaw \frac{H+h}{h}$ (Cm/Sec)

حيث h = ارتفاع عمود التربة فوق مستوى الماء الارضي (سم)



شكل (6-4) تسرب المياه واتصالها بالماء الارضي

H= عمق الماء في حوض النهر أو الخزان (سم).

Kaw= معامل النفاذية لتربة فراغاتها البيتية مملوءة جزئياً بالماء وجزئياً بالهواء. واستناداً لمعادلة (Zunker) فان: $Kaw = \frac{K}{2}$

حيث k= نفاذية التربة المتجانسة

يلاحظ ان حساب التصريف للماء المتسرب يعتمد كثيراً على الحالة الجيولوجية للمنطقة.

مثال 6-4:

اشارة للشكل (6-4) فان القناة منفذة في تربة نفاذة للمياه واخذ نموذج من التربة (undisturbed) للفحص ووجد ان نفاذيته K= 2 متر / يوم . عرض القناة عند مستوى الماء B= 30متر . ميل الجوانب للقناة $\frac{\text{عمودي}}{\text{افقي}}$=1، عمق الماء في

القناة H= 3.5 متر. الماء الارضي (بعد استقرار جريان التسرب من القناة) هو على عمق h= 8.0 متر تحت قعر القناة افرض ان الفقدان بالمياه من القناة بسبب الخاصية الشعرية يصل الى 55٪ من التسرب الكلي، احسب الفقدان الكلي من المياه الى التربة لكل متر طول.

الحل:

أ- معامل النفاذية لتربة فراغاتها مملوءة جزئياً بالماء وجزئياً بالهواء:

$$Kaw = \frac{K}{2} = \frac{2.0}{2} = 1.0 \text{ متر / يوم}$$

ب- سرعة الماء المتسرب : $v = Kaw \frac{H+h}{h}$

$$\therefore v = 1 \times \frac{8+3.5}{8} = 1.425 \text{ متر / يوم}$$

حـ- المساحة التي يرشح خلالها الماء (A) عند قعر القناة فرضت بانها تساوي الاسقاط الافقي للمحيط الرطب للقناة (Wetted perimeter) والذي يساوي عندها الى عرض القناة B= 30 متر.

$$\therefore A = 1.0 \times B = 1.0 \times 30 = 30 \text{ متر}^2$$

د- مقدار تصريف التسرب q= VA = 30 × 1.425 =42.75 م^3/يوم/متر طول

هـ- بما إن الفقدان بالخاصية الشعرية هو 55٪ من الفقدان الكلي فان الفقدان بالتسرب سيكون 45٪ من الفقدان الكلي.

$\therefore$ الفقدان بالخاصية الشعرية = $42.75 \times \frac{55}{45}$ =52.24 م^3/يوم

و- الفقدان الكلي من القناة الى التربة = 42.75 + 52.24 =94.99م^3/يوم لكل متر طول من القناة.

يظهر من المثال السابق ان مقدار الفقدان من المياه الى التربة يشكل جزءاً كبيراً من هذه المياه، الا ان هذه الكمية تتضاءل تدريجياً نتيجة لتراكم الترسبات من المياه الواردة في قاع الخزان مما يقلل نفاذية التربة الى حد كبير اضافة الى ان تشبع التربة المحيطة بالخزان تقلل ايضا من سرعة نفوذ المياه الى التربة. ومن الجدير بالذكر ان هذه الكميات الكبيرة من المياه الراشحة الى أعماق التربة لا يؤسف عليها كثيراً باعتبارها ضائعات من المياه المخزونة بل العكس هو الصحيح اذا اخذنا بالاعتبار نقطتين مهمتين هما:

اولهما : ان هذا الجزء الكبير من المياه قد زال خطره كقوة فيضانية وفسح المجال لتخزين مياه اخرى في الخزان السطحي نفسه وتأمين خطرها.

ثانيهما: ان هذه المياه الراشحة الى اعماق التربة سوف تخزن في جوف التربة بعيداً عن مصادر التلوث والضياع بالتبخر. مما يجعلها خزيناً ستراتيجياً محمياً من انواع المخاطر وتبقى موجودة للاستفادة منها في اي وقت عند الحاجة اليها.

10-4 الرشح عندما تكون تربة الاساس غير متجانسة

عندما تكون تربة قاع الخزان غير متجانسة فان نفاذيتها للمياه تختلف من طبقة الى أخرى، اضافة الى ذلك فان النفاذية العمودية تختلف عن النفاذية الافقية. عليه من الضروري ايجاد معدل النفاذية لمقطع التربة بحيث يمثل النفاذية العمودية والافقية كواقع.

1- نفوذ الماء عمودياً: استناداً لقانون $v= Ki$ (Darcy) فان:

$$v= K_1 \frac{h_1}{L_1} = K_2 \frac{h_2}{L_2} = \dots\dots\dots\dots = K_n \frac{h_n}{L_n} = K_v \frac{h}{L}$$

حيث K_1 و $K_2...K_n$= النفاذية العمودية لطبقات التربة.

h_1 و $h_2...h_n$= الفقدان بالضغط (pres. head loss) بين قمة وقعر كل طبقة.

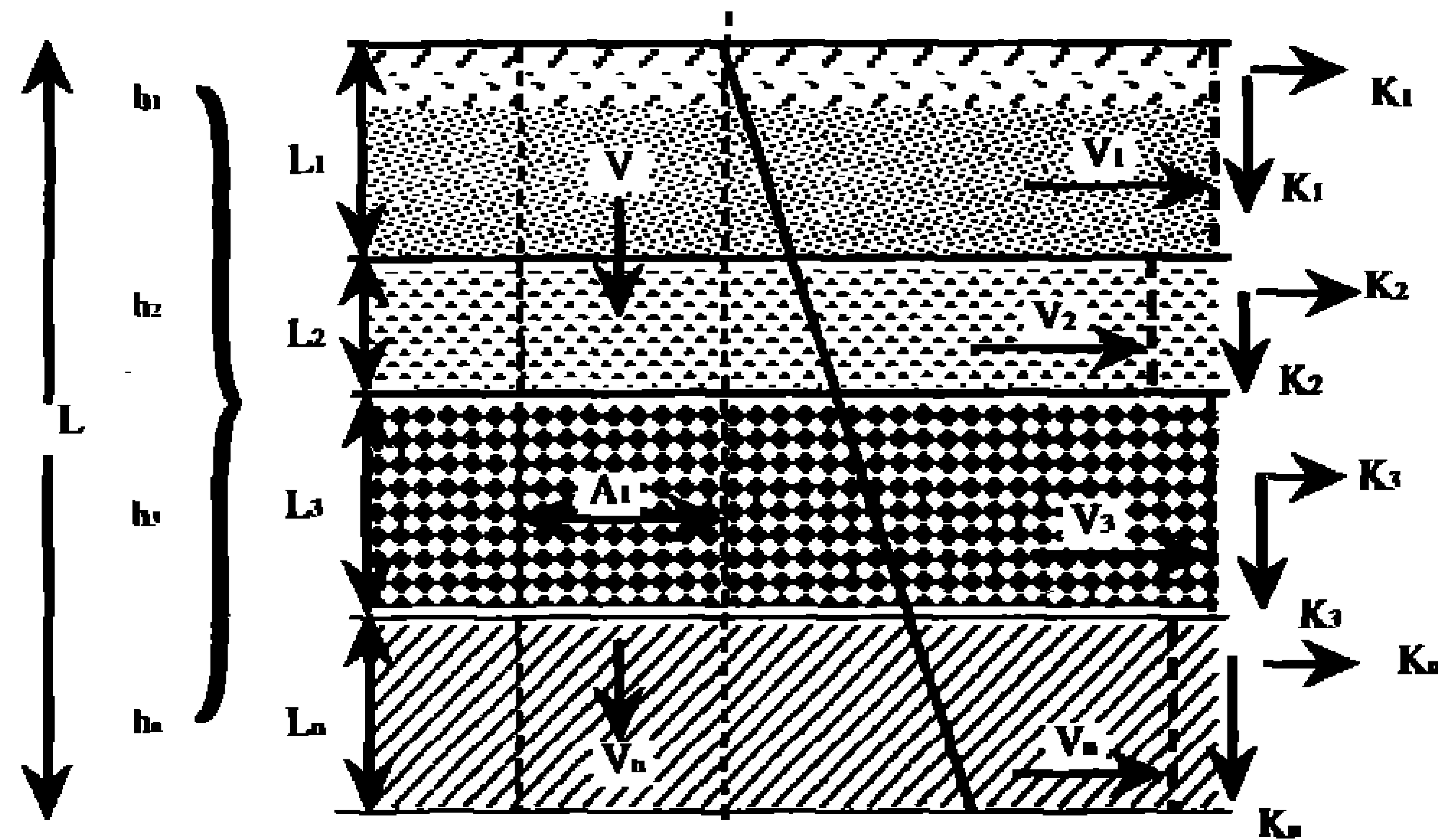
h= مستوى الضغط الكلي

L_1 و $L_2...L_n$ = سمك الطبقات.

كما ان: $\frac{h_1}{v} = \frac{L_1}{K_1};\ \frac{h_2}{v} = \frac{L_2}{K_2};.....\ \frac{h_n}{v} = \frac{L_n}{K_n}$

ومن تعويض هذه القيم يكون معدل النفاذية لكافة الطبقات:-

$$K_v = \frac{L}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} ....+ \frac{L_n}{K_n}}$$



الشكل (4-7)

ملاحظة مهمة: عندما تقترب نفاذية احد الطبقات (K) من الصفر فان ما يقابلها من $\frac{L}{K}$ سيكون ذا قيمة كبيرة جداً وباقي عناصر الـ$\frac{L}{K}$للطبقات

الاخرى يمكن إهماله عملياً وستكون السرعة V صغيرة جداً، وبذلك يجب ان يبقى في الذهن ان الطبقة الاقل نفاذية (بغض النظر عن سمكها) ستكون هي المؤثرة الرئيسية على سرعة الجريان.

2- نفوذ الماء افقياً : عندما يجري الماء موازياً الى طبقات التربة المختلفة النفاذية فان خطوط الجريان ستكون ايضا موازية الى الطبقات هيدروليكياً. اضافة لذلك فان الميل الهيدروليكي (i) سيكون متساوياً في كافة نقاط الطبقة الواحدة لانه في هذه الحالة لا يعتمد على نفاذية الطبقة. وعليه فان معدل سرعة الجريان يمكن حسابه كما يلي:-

ان معدل التصريف خلال المساحة a=1 سم^2 سيكون:-

$$q= va = v\ x1=v\ cm^3/ sec$$

كذلك التصريف الكلي يساوي مجموع تصاريف الطبقات: •

$$q = q_1^1+ q_2^1...+ \ q_n^1$$

$$V= Khi= v_1^1+ v_2^1...+ \ v_n^1 = \frac{1}{L}(K_1 i\ L_1 +K_2\ i\ L_2...+ \ K_n i\ L_n)$$

$$\therefore K_n= \frac{K_1L_1+ K_2L_2+ \ ....+ \ K_nL_n}{L}$$

حيث Kn = معدل النفاذية لمقطع التربة الموازي للطبقات (عموماً افقي).

i= الميل الهيدروليكي (hydraulic gradient) لتيار الماء الارضي وافترض بانه ثابت ومتساو لجميع الطبقات.

L= السمك الكلي الطبقات التربة.

$L_1, L_2...L_n$= سمك طبقات التربة.

التصريف الكلي خلال وحدة المساحة $q= Kni$

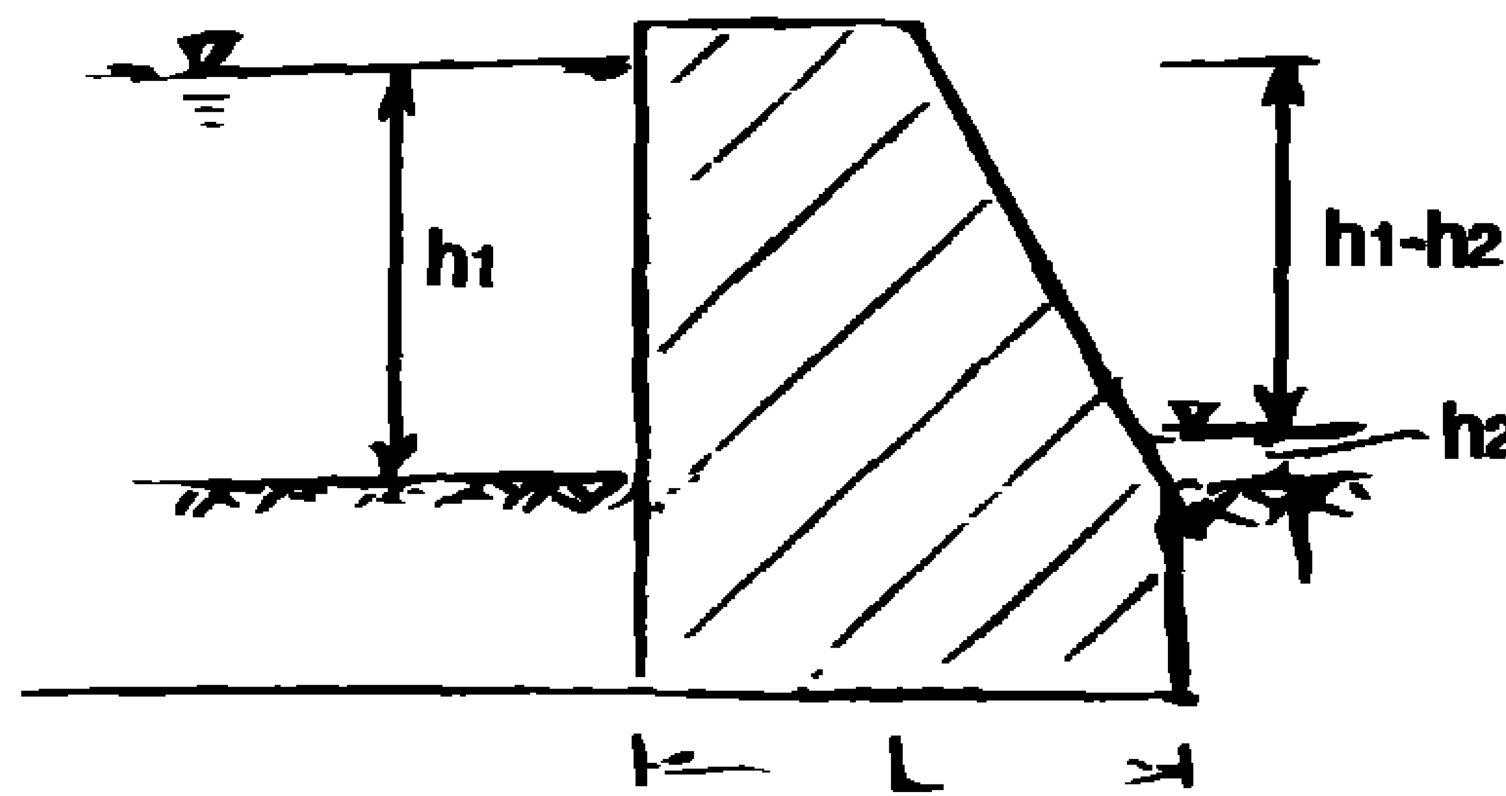
في حالة النفاذية الافقية يعتمد التصريف على الطبقة التي لها اكبر نفاذية من بين الطبقات الاخرى. وهذا يعني انه في التربة اللزجة (Cohe sive) تكون كمية التصريف الافقي معتمدة بصورة كبيرة على طبقات الرمل الخفيفة.

معدل النفاذية للسمك الكلي للمقطع يساوي

$$K_{ave}=\sqrt{K_v\ K_h}$$

ان الميل الهيدروليكي (i) في الجريان الافقي من الخزان الى خارجه يساوي الفرق في ارتفاع الماء داخل وخارج الخزان مقسوماً على المسافة بين مقدم السد ومؤخره كما في الشكل (4–8).

$$i=\frac{h_1-h_2}{L}$$



الشكل (4–8)

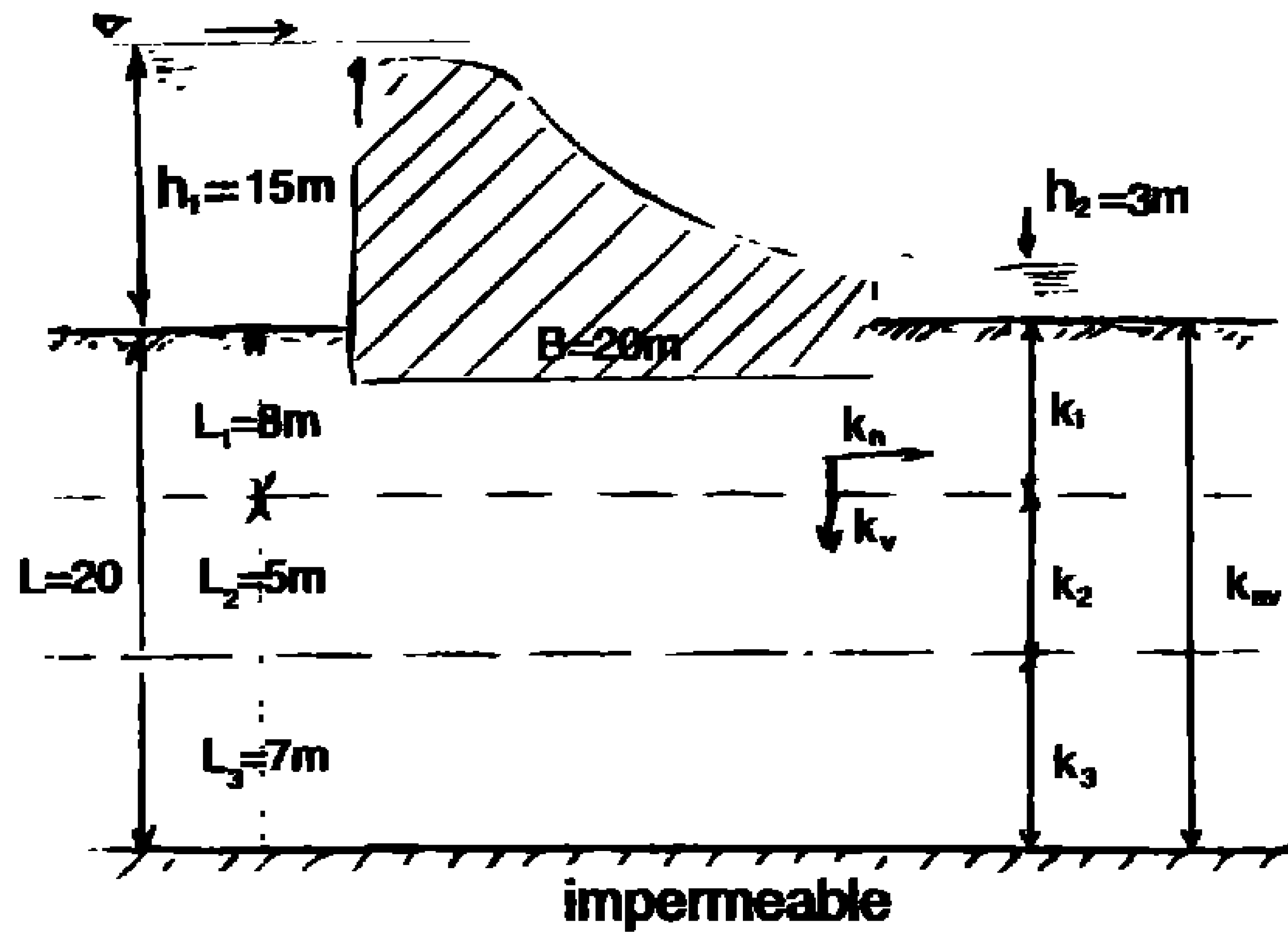
مثال 4–7: في الشكل (4–9) النفاذية لكل طبقة من طبقات التربة كما يلي:

العمودية على سطح التربة

$$\begin{cases} K1 = 0.01\ m/Sec \\ K2 = 0.02\ m/Sec \\ K3 = 0.03\ m/Sec \end{cases}$$

الموازية لسطح التربة

$$\begin{cases} K1 = 0.04\ m/Sec \\ K2 = 0.05\ m/Sec \\ K3 = 0.09\ m/Sec \end{cases}$$



الشكل (4-9)

جد معدل النفاذية لمقطع التربة L.

الحل:

أ- النفاذية العمودية Kv

$$K_v = \frac{L}{\frac{L_1}{K_1}+\frac{L_2}{K_2}+\frac{L_3}{K_3}} = \frac{20}{\frac{8}{0.01}+\frac{5}{0.02}+\frac{7}{0.03}} = 0.0156 \text{ م/ث}$$

ب- النفاذية الافقية K_h

$$K_v = \frac{K_1L_1+K_2L_2+K_3L_3}{L} = \frac{0.04 \times 8 + 0.05 \times 5 + 0.09 \times 7}{20} = 0.060 \text{ م/ث}$$

جـ -معدل النفاذية Kave

$$Kave = \sqrt{K_v\,K_h} = \sqrt{0.0156 x 0.06} = 0.0306 \text{ م/ث}$$

ويفضل قياس نفاذية التربة مختبرياً تحت الظروف المختلفة التي تمر بها منطقة الخزان كنسبة الرطوبة في التربة او حالة الاشباع وتغير منسوب المياه في الخزان وعرض قاعدة السد الحاجز للمياه.... الخ.

11-4 انواع السدود Kinds of Dams

توجد انواع كثيرة من السدود وتصنف حسب المواد الاولية المستعملة في انشائها احياناً كما تصنف حسب الغرض من إنشائها احياناً اخرى. كما تصنف حسب شكلها او طريقة مقاومتها لضغط المياه ايضا. فمنها السدود الترابية والحجرية والبناء بالحجر او الطابوق والكونكريتية الوزنية والقوسية ...الخ. ولا يسعنا المجال هنا لذكر تفاصيل كافة انواع السدود. ولكن سنتعرض الى نوع مهم منها شائع الاستعمال وسهل التنفيذ ولا يحتاج الى اسس قوية وهي السدود والترابية الحجرية.

السدود الترابية والحجرية Embankment Dams

تكون المواد الاساسية التي تنشأ منها هذه السدود من التراب أو الحجر او كليهما وتكون عادة على شكل شبه منحرف عريض القاعدة السفلى وتعتمد على

وزنها بصورة رئيسية في استقرارها ومقاومتها لضغط المياه المحجوزة وهي تفضل على غيرها للاسباب التالية:-

1- لا تحتاج مثل هذه السدود الى اسس قوية جداً كالتربة الحجرية بل يمكن إنشاؤها على الترب الجيدة الاعتيادية.

2- المعدات والآليات اللازمة للتنفيذ هي بسيطة جداً نسبياً كالآليات نقل المواد وفرشها وصلها .

3- عدم الحاجة الى المواد النادرة والمكلفة كالسمنت والحديد وغيرها او انها تستعمل كميات صغيرة نسبياً مقارنة بغيرها من السدود.

4- في معظم الحالات يمكن تصميم هذه السدود لتنشأ من المواد الاولية المحلية المتوفرة دون الحاجة الى عمليات تصنيع او تحويل معقدة لهذه المواد .

5- ان الكلفة الاولية لانشاء مثل هذه السدود هي اقل كثيراً منها في بقية انوا ع السدود بالرغم من ضخامتها وكبر مقطعها.

6- ان السدود الترابية تزداد قوة ومتانة بمرور الوقت.

7- في المناطق التي تتعرض للهزات الارضية تفضل السدود الترابية على غيرها بسبب مقاومتها لمثل هذه الظروف.

ان هذا النوع من السدود يمكن ان ينشأ كسدود ترابية (Earth dams) او سدود ذات املاء بالحجر (Pock fill dams) كما تنشأ سدود ترابية حجرية (خليط من المادتين) ايضاً.

ان السدود الترابية انشأت منذ فترات بعيدة تزيد على 2000 عام وان التقدم الحاصل في معدات ازاحة ونقل التربة أو التقدم العلمي في مجال ميكانيك التربة يشجعان كثيراً على اقتراح انشاء السدود الترابية والحجرية الى ارتفاعات عالية جداً ومن امثلة ذلك:

سد (oroville) في الولايات المتحدة بارتفاع(224) متر وسد (Nurek) في الاتحاد السوفيتي سابقاً بارتفاع (800) متر وسد (Mica) في كندا بارتفاع (242) متر وهو أكبر سد في العالم.

12-4 السدود الترابية Earthen Dams

تتركب هذه السدود اساسياً من الاملاءات الترابية التي تفرش على شكل طبقات يتم حدلها جيداً وترتفع تدريجياً بمقطع على شكل شبه منحرف تقريباً ونظراً لكون ضغط التربة يتم بطريقة الحدل فان هذه السدود تسمى ايضا(Rolled fill dams) وعندما يتم الاملاء وارتفاع السد بواسطة ضخ مزيج التربة (النصف سائل) تسمى بسدود الاملاء الهيدروليكي .

ان مكائن ازاحة التربة الاعتيادية التي يحتاجها العمل للازاحة والنقل هي العربات والناقلات القلابة والدمبرات (Truck, louders, and dumpers) ، لنقل وجلب التربة من المقالع المخصصة ويحتاج العمل الى البلدوزرات والحادلات لتسوية وحدل التربة.

يستلزم توفر صفتين اساسيتين في الترابي:

1- درجة جيدة من عدم النفاذية (imperviousness) .

2- الاستقرارية (Stability) الجيدة تحت كافة الظروف التشغيلية.

ان الترب الرملية تجعل الصفة الاولى غير ممكنة، بينما الترب الطينية لا تحقق الصفة الثانية. في حالة التفريغ المفاجيء للمياه المحجوزة بالسد يبقى الطين (clay) مشبعاً بالماء ويصبح غير مستقر، عليه فان من الواضح ان تربة معينة يتم اختيارها جيداً ذات مواصفات مناسبة هي التي تستعمل فقط لمثل هذه السدود.

هناك ثلاثة طرق تصميمية للسدود الترابية:

أ- المقطع المتجانس (homogenous Section).

ب- المقطع نو الحجاب الحاجز(Diaghragm type).

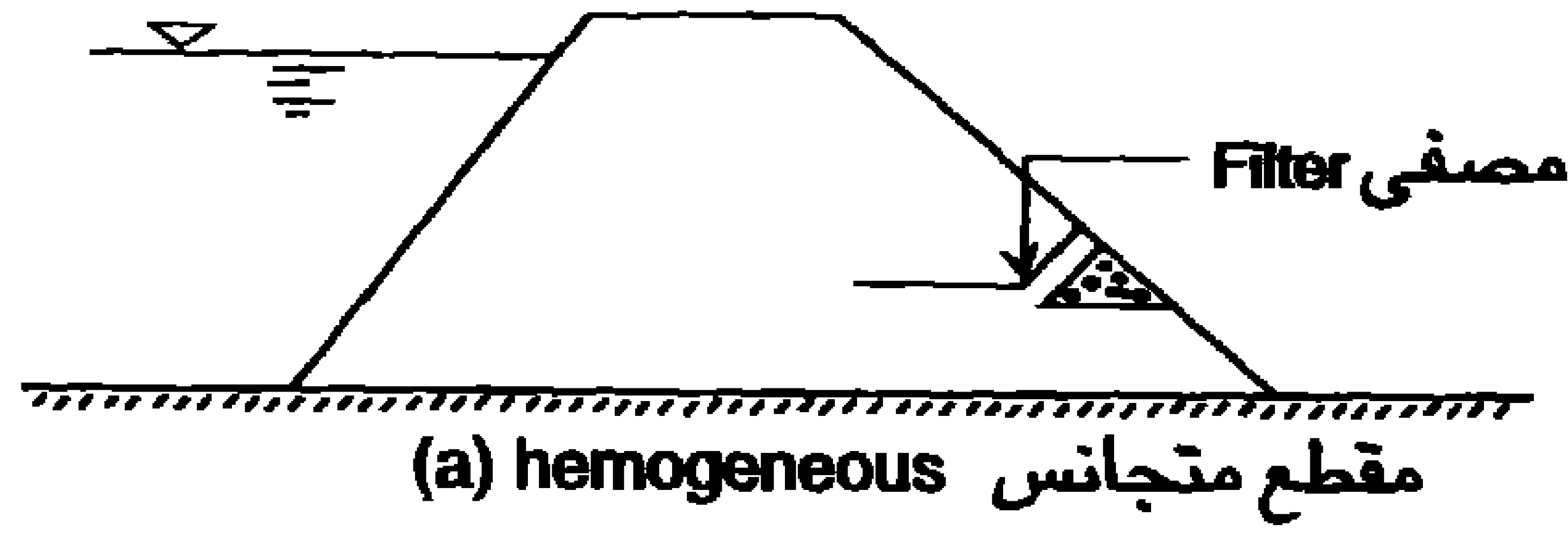
حـ- المقطع المكون من نطاقات (Zoned Section).

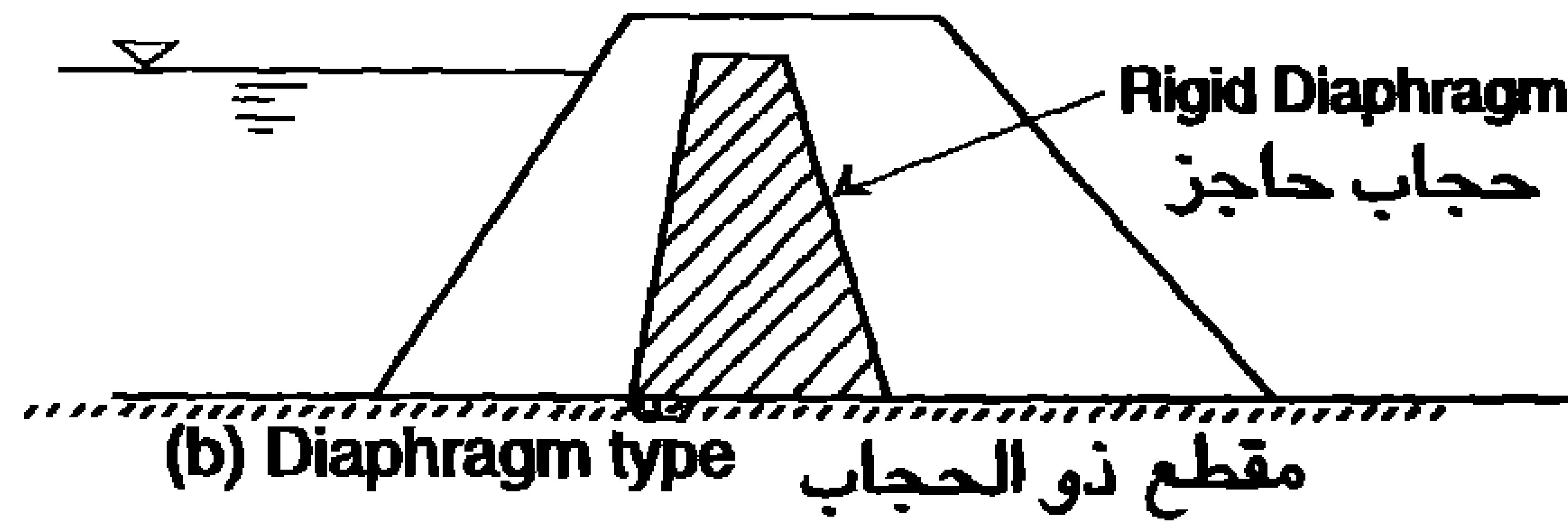
المقطع المتجانس:-

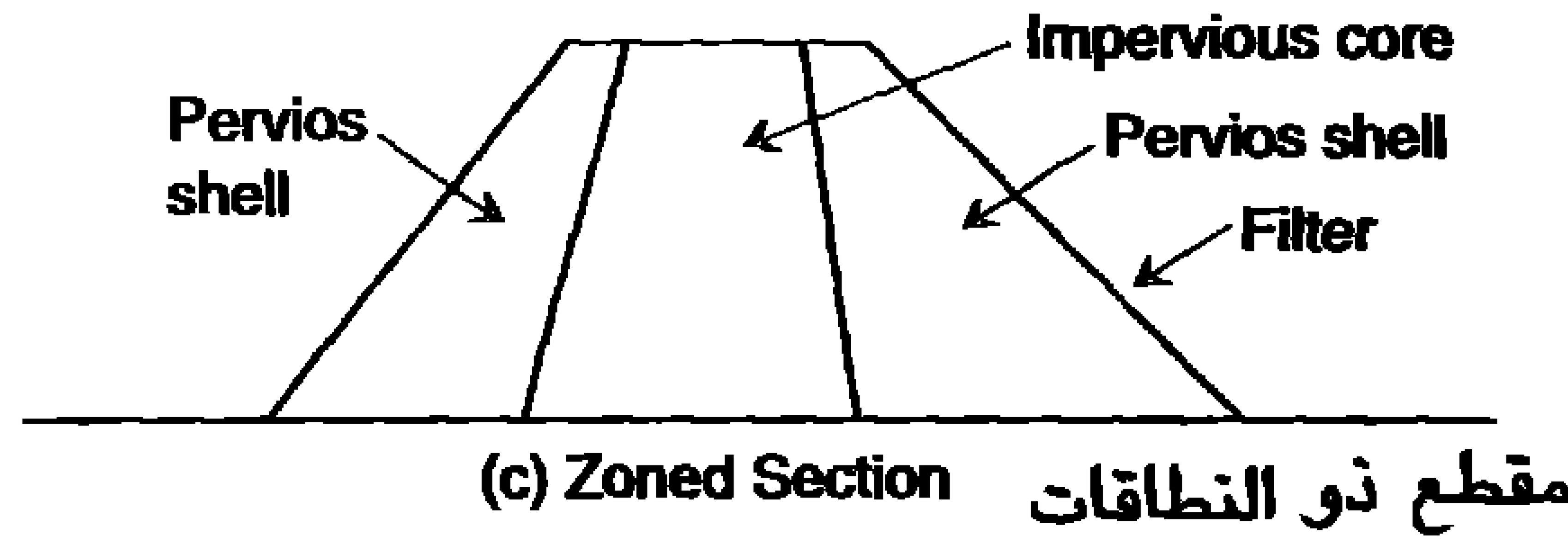
تستعمل الترب المزيجية (Sandy clay) في المقطع واستعماله في الوقت الحاضر محصور في السدود الصغيرة. كل المقطع يعمل من نوع واحد من التربة (الشكل 4-10(a)).

المقطع ذو الحجاب:

وهو نوع قل استعماله او ترك وفيه يتم انشاء حاجز صلب على هيئة حائط من الكونكريت او من البناء بالحجر او الطابوق يمتد على كامل ارتفاع السد داخل مقطعه. وهذا الحاجز يحقق عدم النفاذية للسد. الا ان عدم التجانس الكبير في مقطع السد يؤثر كثيراً على استقراريته اذ يفصل جسم السد الى جزئين يختلف احدهما عن الاخر في مدى تاثيره واستقراره اضافة الى عدم تساوي وتجانس الهبوط (Settlement) في أجزاء المقطع مما يؤدي الى حدوث التصدع في الجدار (Cracking) . الشكل (4-10-b).





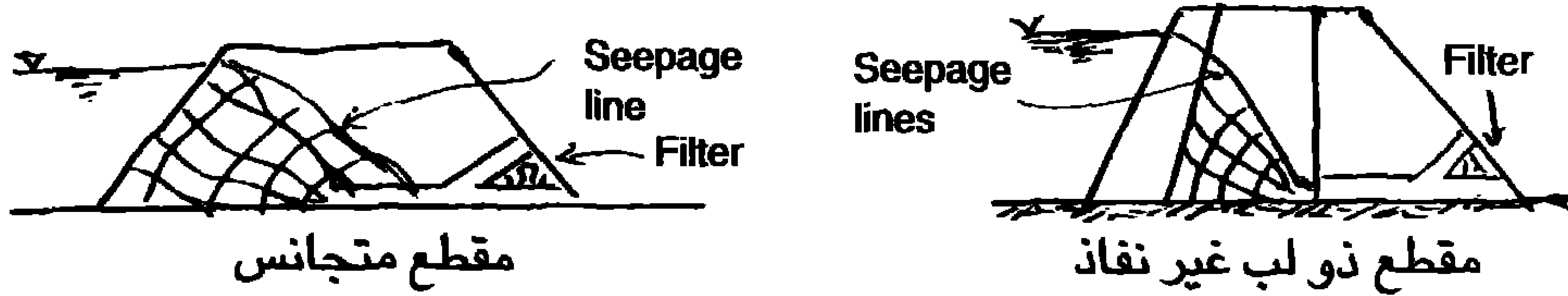


الشكل(4-10) انواع السدود الترابية

المقطع ذو النطاقات: Zoned Section

وهو أكثر الانواع المألوفة والمرغوبة في الوقت الحاضر وفيه يقسم مقطع السد الى نطاقات (Zones) حيث تكون الخارجية منها أكثر نفاذية لتكون ذات خاصية بزل حر (Free drainage property) بينما النطاق الداخلي (Inner Zone) او ما يسمى بنطاق القلب او اللب (Core Zone) يعمل من مادة غير نفاذة (Impervious) مثل الترب الطينية ليقطع التسرب خلال السد، والنطاقات يمكن ان تكون اثنين فقط احدهما قالب طيني غير نفاذ والآخر يعتبر كرداء نفاذ. في السدود الكبيرة يكون عدد النطاقات اكثر من اثنين عادة تختلف فيها خواص التربة المكونة لها (الشكل 4-10-2).

ان خطوط الرشح لمقطع متجانس ومقطع ذي النطاقات تظهر في الشكل (4-11) حيث تبين بوضوح اهمية اللب غير النفاذ (Impervious core) في مقاومة الرشح. ان الجزء المركزي يكون غير نفاذ عندما يعمل من تربة مختارة كالتربة الطينية الرملية (Sandy clay) . ان نطاق اللب (Core Zone) يكون حوالي 40-70٪ من مقطع السد وعلى طول جانبي نطاق اللب تربة مدرجة (graded material) تكوّن نطاقاً انتقالياً (transition Zone) بينما تتألف النطاقات الخارجية من مادة ذات نفاذية عالية وتعمل هذه النطاقات لزيادة استقرارية السد. وينشأ مصفى (filter) وذنب حجري (Rock toe) في مؤخر السد، الهدف منه جمع المياه الراشحة وبزلها الى الخارج.



الشكل(4-11) خطوط الرشح في السدود الترابية

4-13الرشح تحت وخلال السدود الترابية:

ان رشح المياه تحت وخلال السدود يعد من المشاكل المعقدة واحد الاسباب الرئيسية في فشل السدود اذ تعمل المياه الراشحة على تقليل قوة مقاومة القص للتربة ومحاولة ازاحة السد الى الخارج افقياً كما تؤدي الى غسل حبيبات التربة الى خارج مؤخر السد. ولخطورة الموضوع واهميته نتطرق اليه

بشيء من التفصيل. ويمكن توضيح الحالة من خلال دراسة السد المبين في الشكل (4-12).

ان قوة دفع الماء الراشح لكل وحدة حجم واحدة هي:

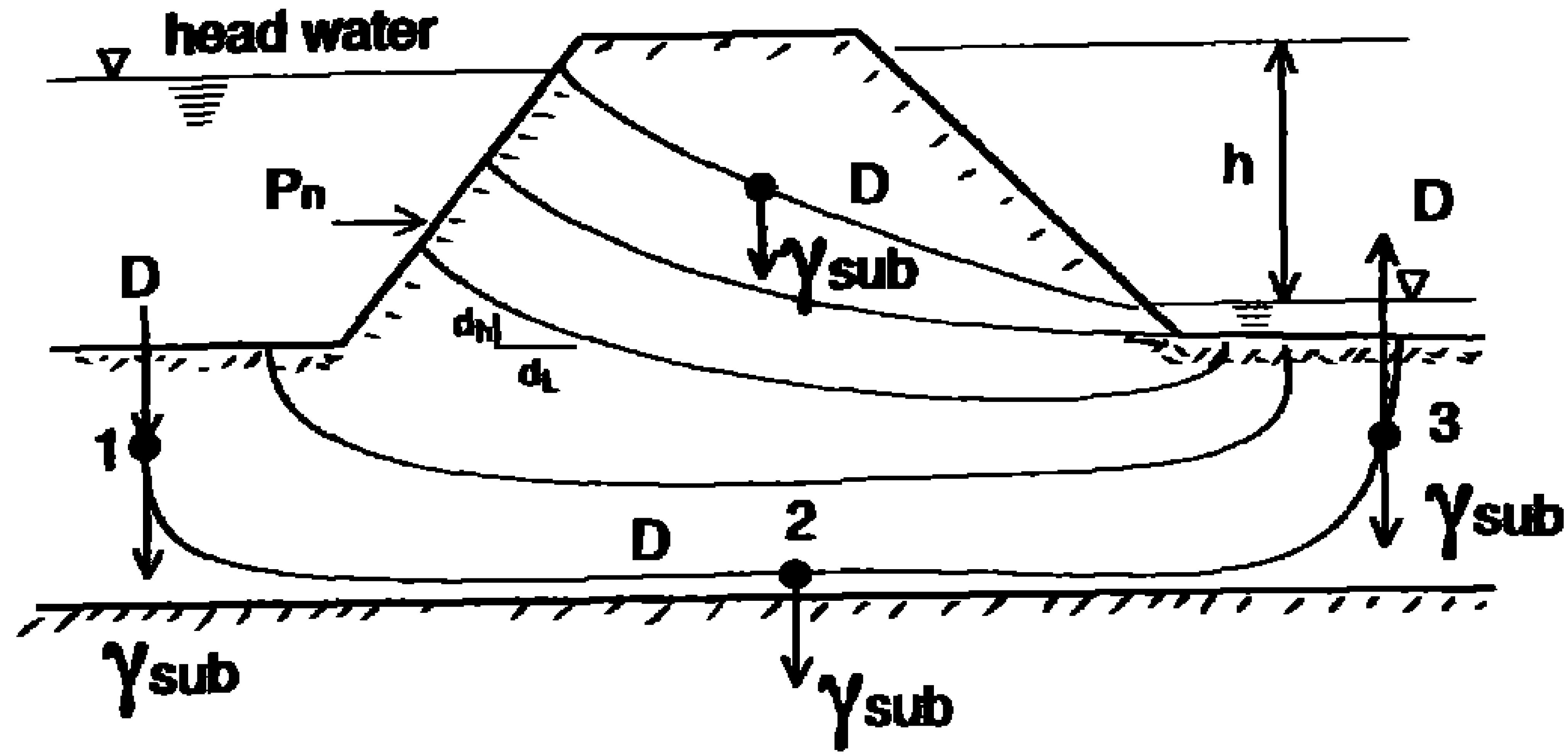
$$D = \gamma_w i$$

حيث D= قوة دفع الماء الراشح لكل وحدة حجم (با/قد^3 مثلاً)

$i = \frac{dh}{dL}$ = الميل الهيدروليكي (hydraulic gradient)

γ_w = كثافة الماء (Unit weight of water).

ان قوة دفع الماء الراشح تعمل باتجاه جريان ذلك الماء، ولها تاثير كبير على استقرارية السد . فهي تعمل على زيادة او نقصان وزن دقائق التربة بصورة كبيرة حسب اتجاه الجريان. فمثلاً عند جريان الماء الراشح عمودياً نحو الاسفل فان وزن حبيبة التربة يمكن ان يزداد بمقدار الضغط الهيدروديناميكي اي بمقدار قوة دفع الماء الراشح. عليه في مثل هذه الحالة فان قوة دفع الماء تعمل كقوة ضغط وتكثيف لدقائق التربة مع بعضها (كما في النقطة 1 في الشكل 4-12). وفي حالة الجريان العمودي نحو الاعلى (كما في النقطة 3 في الشكل 4-12) خلال التربة تنعكس الحالة بحيث يقل وزن حبيبة التربة بمقدار قوة دفع الماء الراشح المتجه نحو الاعلى . وبتعبير آخر اذا كانت D هي قوة دفع الماء الراشح ، فإن γ_{Sub} هو وزن حبيبات التربة المشبعة بالماء (Submerged unit wt. of soil) ، كما إن γ_{eff} هو وزن حبيبات التربة المؤثرة (effective unit wt. of soil) . ففي النقطة 1 يكون: $\gamma_{eff} = \gamma_{Sub} + D$ وهذه الحالة تمثل التكثيف والانضغاط لحبيبات التربة. وفي النقطة 2 أو اية نقطة اخرى تقع على خط الجريان الافقي للماء الراشح فان القوتين (γ_{Sub}, D) تعملان بصورة متعامدة احداهما على الاخرى. ويعطيان محصلة مائلة بزاوية معينة باتجاه مؤخر السد.



الشكل (4-12) حالات الضغط الهايدروديناميكي للماء الراشح في التربة

وعليه فان تاثير قوة دفع الماء الراشح تحت السد في هذه الحالة سيكون بالشكل الذي يؤدي الى تقليل مقاومة السد بصورة عامة الى الازاحة الافقية باتجاه المؤخر، اضف الى ذلك ان قوة القص للتربة (Shear strength) تقل كثيراً عندما تتشبع التربة بالمياه. وهذه نقطة مهمة يجب الالتفات اليها جيداً وتامين السدود من الانزلاق الى الخارج بفعل قوة دفع المياه المحجوزة (P_h) زائداً قوة دفع الماء الراشح (D) وان هاتين القوتين تعملان معاً لازاحة السد الى الخارج ولتأمين ذلك يجب ان يكون:

Ph + D < coefficient of friction x total wt. of the Dam

عودة اخرى الى الشكل (4-12) النقطة 3 حيث الجريان عمودياً نحو الاعلى وتعمل قوة دفع الماء الراشح D ضد قوة وزن حبيبة التربة المشبعة المتجهة نحو الاسفل اي ان :-

$$\gamma_{eff} = \gamma_{Sub} - D$$

واذا تساوت القوتان اي $D=\gamma_{Sub}$ فان دقائق التربة تصبح عديمة الوزن وتظهر حالة عدم التوازن والاستقرار لدقائق التربة مؤخر السد او الجسم السد

نفسه عندما تقطع خطوط الرشح جانب مؤخر السد . وتسمى مثل هذه الحالة الهيدروليكية (الحالة الحرجة Critical condition). ويكون عندها الميل الهيدروليكي حرجاً (ic,critical hydraulic gradient) وسرعة الجريان الحرجة (Vc, critical flow velocity) وتكون :-

$$D = \gamma_w i_c$$

وعندما تتعدى سرعة الجريان V السرعة الحرجة Vc أي عندما تكون V>Vc عندما تكون $D > \gamma_{Sub}$ ويكون γ_{eff} سالباً.

وهذا يعني ان دقائق التربة تبدأ تلين وتتفكك ثم تعوم وتطفو ثم ترفع الى الاعلى مولدة حالة تشبه الغليان للماء الذي يحمل الدقائق .

ان السدود التي تنشأ على تربة لا تقاوم رشح المياه وتتولد فيها حالة غسل دقائق التربة الى الخارج فانها اي السدود سوف تهبط الى الاسفل (Sink down) في التربة المشبعة بالمياه بفعل وزنها الكبير لان التربة فقدت في هذه الحالة طاقة تحملها بسبب تفكك وعوم حبيباتها.

اضافة الى ان استمرار غسل حبيبات التربة الى الاعلى يؤدي الى توسع الممرات والثقوب بين دقائق التربة تحت السد ومؤخرة مكونة انابيب (Piping) متصلة من مقدم السد الى مؤخره تتوسع بمرور الوقت مؤدية الى انهيار السد بأكمله.

ومن الضروري ان يذكر هنا ان مقدار وزن التربة المشبعة γ_{Sub}:-

$$\gamma_{Sub} = (1-n)(G-1)\gamma_w = \frac{G-1}{1+e}\gamma_w$$

Where : n = porosity of the soil

G= specificgravity of soil particles

e = void ratio of soil

γ_w= unit wt. of water.

في حالة التوازن أو الحالة الحرجة تكون γ_{Sub} =D اي ان: $\gamma_{Sub}\downarrow - D\uparrow = O$

وبتعويض قيمة $D=\gamma_w i_C$ وقيمة γ_{Sub} في المعادلة الاخيرة تكون:

$$\frac{G-1}{1+e}\gamma_w - \gamma_w i_C = O$$

$$\therefore\ i_C = \frac{G-1}{1+e}$$

يعرّف i_c (الميل الهيدروليكي الحرج): أنه اقل ميل هيدروليكي يسبب حالة غسل دقائق التربة الى الخارج لتربة معينة. وهو يعتمد على الوزن النوعي لدقائق التربة الصلبة (Specificgravity of solid partia) (G) وعلى نسبة الفراغات (Void ratio, e) ولا يعتمد على حجم حبيبات التربة ولا يعتمد على نفاذية التربة ايضا. وعلى اية حال فان ميل خطوط الرشح (hydraulic gradient) يجب ان يكون اقل من الميل الحرج.

وعادة يستعمل معامل أمان η من 3 الى 4 ويجب ان يكون: $i \leq \frac{i_c}{\eta}$

مثال 4-8:

سد ترابي تربته رملية نسبة الفراغات فيها e = 0.7 والوزن النوعي لدقائقها الصلبة G= 2.66 ، احسب الميل الهيدروليكي الحرج (ميل خطوط الرشح) لتلك التربة بمعامل اما ن η =3 ، احسب الميل الذي يؤمن استقرار السد.

الحل:

$$0.976 = \frac{1-2.66}{0.7+1} = \frac{G-1}{1+e} = i_c$$

الميل الهيدروليكي الامين (Safe hyd.gr.) $= i = \frac{i_c}{\eta} = \frac{0.976}{3} = 0.325$

14-4 معالجة فشل السدود الترابية

ان السد الترابي يمكن ان يفشل او ينهار لاسباب عديدة نذكر منها:

1- ازاحة دقائق التربة المستمر من اساس وجسم السد نتيجة الرشح تحت وخلال السد، وقد تم شرح ذلك مفصلاً في الفقرة السابقة.

2- طغيان المياه فوقه عند تعرضه لموجات فيضانية تفوق الطاقة التخزينية للخزان امام السد.

3- ضعف قوة التربة المكونة للسد والتربة التي انشأ عليها وازدياد ضعفها بعد انشاء السد وتشبعها بالمياه.

4- عدم استقرار جوانب السد.

5- النضح من قنوات المياه المارة داخل جسم السد او في جوانبه (Conduit leakage) والذي يؤدي الى التآكل في اجزاء السد المجاورة لها وتوسعها بمرور الوقت وبالتالي انهيار السد.

6- الاضرار التي تتعرض لها جوانب السد بسبب فعل الموجات ومياه الامطار.

ان المآخذ (inlets) ومنشآت السفح العلوي (Spill ways) وابواب الفيضان (Penstocks) وفتحات الجريان السريع (sluices) وغيرها يفضل انشاؤها بعيداً عن جسم السد الرئيسي قدر الامكان او من خلال انفاق (tunnels) تدخل في المناطق الصخرية العالية المجاورة للسد من جوانبه.

وفيما يلي بعض الاجراءات الضرورية لاستقرار السد وسلامته.

1- **منع الرشح** (Prevention of seepage)

ان الرشح تحت وخلال السد يجب منعه لتأمين عدم تاثر السد بنتائج ذلك

الرشح كما تقدم ذكرها. إضافة الى ان الرشح يسلط ضغطاً الى الاعلى (uplift press) يؤثر على استقرارية السد.

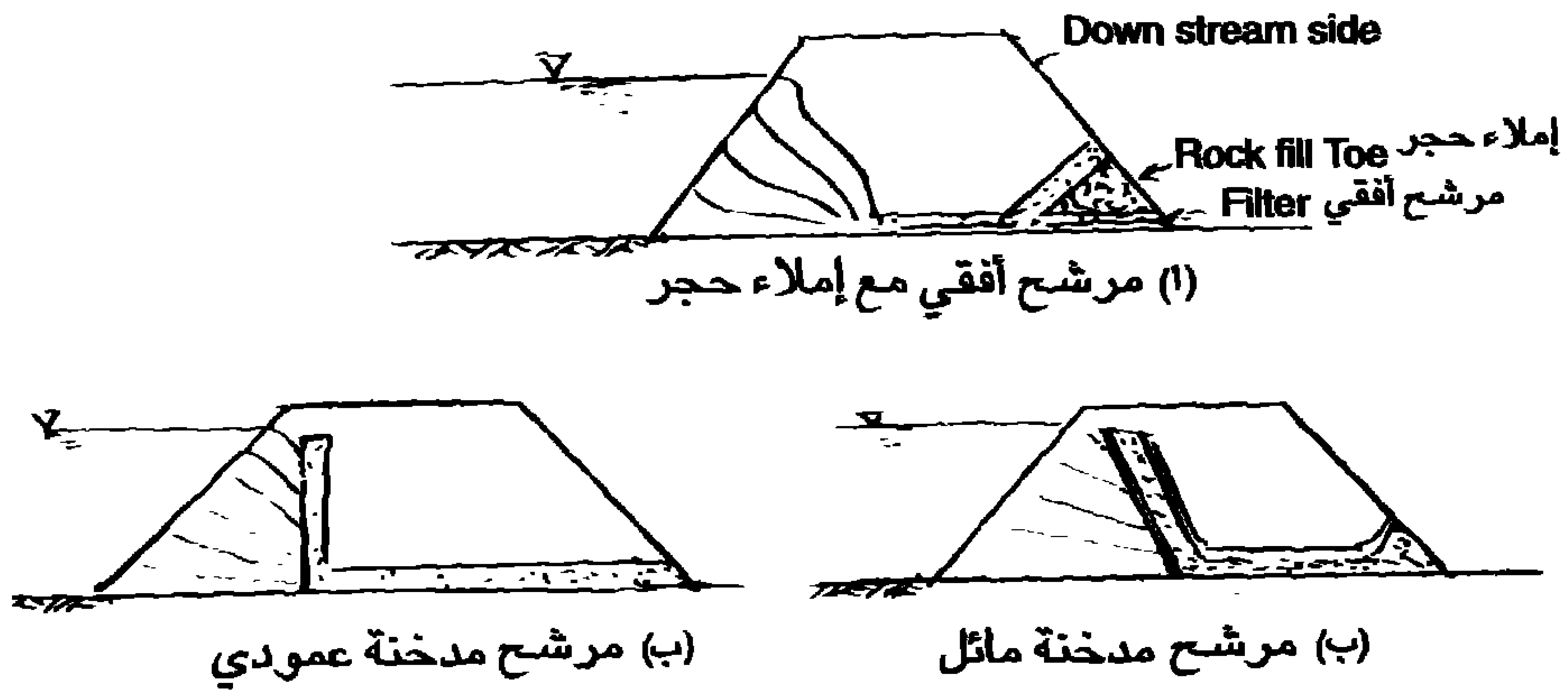
والطريقة الفعالة لمنع الرشح هي إقامة قواطع (Cut off) في الطبقات العليا من التربة ينشأ عليها السد وتملأ بمادة تمنع تسرب المياه كالتربة الطينية (impervious clay soils) . العمق الاعتيادي لهذه القواطع يتراوح بين 15-45٪ من الارتفاع الكلي للسد وعرضها يتراوح بين 20-50٪ من اعلى ارتفاع للماء امام السد. ان القاطع يجب ان يمتد الى الطبقة الصماء غير النفاذة في التربة المنشأ عليها السد واذا كانت هذه الطبقة عميقة جداً فيكتفي بعمل عدة قواطع جزئية الى عمق مناسب. هذه القواطع يمكن عملها من جدران كونكريتية او صفائح معدنية أو حواجز من الطين غير النفاذ.

ويمكن منع الرشح بطريقة اخرى وذلك بوضع طبقات من الطين (clay) في جانب مقدم السد وضخ الطين الى الطبقات السفلى لعمل ساتر غير نفاذ للمياه، واستعملت مثل طبقات الطين هذه في سد تربلا في باكستان.

2- **البزل الجيد** (Drainage)

البزل في السدود الترابية يتم عادة عن طريق فرش طبقة مرشحة افقية (horizontal filter blanket) على طول قاعدة مؤخر السد وتربط باملاء من الحجر على شكل موشور (Pock fill prism) في ذنائب الميل الجانبي لمؤخر السد كما يتضح من الشكل (4-13-أ) . كما تستعمل طريقة اخرى لبزل السدود وهي اقامة مرشحات عمودية او مائلة داخل جسم السد وتسمى بمرشحات المدخنة (chemny drain) لانها تشبه المدخنة من حيث عملها وشكلها حيث تمتد هذه المرشحات الى اعلى السد من الداخل اعتباراً من القاعدة، كما تمتد على القاعدة افقياً حتي تصل السطح الجانبي لمؤخر السد

فتقوم بترشيح المياه وتجميعها ودفعها الى الخارج السد (الشكل 4-13-ب)، ان مثل هذه الطريقة استعملت في سد (Ramganga) في الهند كمرشح مائل كما في الشكل (4-13-جـ) كما استعمل مرشح عمودي كالذي في الشكل (4-13-ب) في سد (Balimela) في الهند ايضاً.



الشكل (4-13) انواع البزل والمرشحات في السدود الترابية

3-**حماية جانب مقدم السد** (upstream slope protection)

ادناه بعض الطرق المستعملة لحماية جوانب السد الترابي:

1- فرش طبقة من الحجر المكسر (Rip- rap) على سطح جانب مقدم السد.

2-تبطين جوانب السد بالكونكريت أو إكساؤها بالكتل الكونكريتية.

3- اكساء الجوانب بالاسفلت القيري (bituminous paving).

4-زراعة الجوانب والمساحة القريبة منها بالنباتات والاشجار الصغيرة.

ان اكثر الطرق فعالية وعملية هي الاكساء بطبقة الحجر (Riprap) ان سمك هذه الطبقة يعتمد على ارتفاع الموجة في مياه الخزان وقوة الزخم (impact force) وعموماً فهي تتراوح بين 45 الى 100 سم ويوصى بان اقل سمك لطبقة الحجر يساوي مرة ونصف بقدر معدل حجم قطع الحجر. وحجم قطع الحجر يتراوح بين 20- 25سم . اذا كان ارتفاع الموجة في الخزان يزيد على 1.75 -2.00 متر فانه لزيادة الامان من فعل هذه الموجات يوصى باستعمال التبطين بالكونكريت المسلح بمساحة (10×10متر) وبسمك من (0.2-0.5) متر لكل قطعة.

15-4 تصميم السدود الترابية

ان تصميم السد الترابي يمكن عمله بالطرق التجريبية وعلى اسس الخبرة من السدود الترابية الموجودة وطريقة عملها وما يجري عليها من سلبيات وايجابيات لتجنب تلك السلبيات واخذ ما هو إيجابي.

يتطلب التصميم الاولي للسد الترابي اختيار ارتفاعه، عرضه من الاعلى، ميل الجوانب، نظام البزل، اللب غير النفاذ، ... الخ نذكرها باختصار فيما يلي:

1- ارتفاع السد: يجب ان يكون ارتفاع السد الترابي كافياً بحيث لا يتعرض السد الى طغيان المياه فوقه في اي وقت وبأية حال لذلك يجب دراسة الاموال الثالثة:

أ- ارتفاع موجات المياه في الخزان امام السد.

ب- الرياح.

حـ- اعلى منسوب متوقع للمياه اثناء الفيضان.

د- اعلى فرق في المنسوب يلزم لتوليد الطاقة . الى غير ذلك من الامور التي يمكن ان تكون عاملاً في تحديد مقدار ارتفاع السد.

يتراوح ارتفاع السد فوق أعلى منسوب متوقع (Free board) بين 3-5 متر ويعتمد ذلك على طبيعة منشأ السفح (spill way) وارتفاع السد ودرجة فعالية الهزات الارضية في الموقع المقترح. فمثلاً عند ارتفاع 60 متر أو أكثر لسد فيه منشأ سفح مسيطر عليه (controlled spillway) تكون القيمة الاعتيادية لارتفاع السد فوق مستوى الماء (Free board) كما اوصي من قبل الـ (USBR) هو 3 متر فوق قمة الابواب.

2- **عرض السد من الاعلى** (Top width) : يتحدد عرض السد الترابي من الاعلى بعدة عوامل اهمها اعلى منسوب يصل اليه الماء. اذ يجب ان يكون عرض السد بحيث يغطي خط الاشباع (saturation line) اي ان المياه الراشحة لا تقطع جانب مؤخر السد. كما ان قوة الهزات الارضية وموجات المياه في الخزان لا تؤثر على استقرارية السد وبناءه.

للسدود الترابية التي يزيد ارتفاعها على 30 متر اوجدت المعادلة التالية لتحديد عرض السد من الاعلى B من قبل USBR:-

$$B= 1.65 (H+ 105)^{1.3}$$

حيث H تمثل ارتفاع السد

وللسدود المنخفضة يمكن ايجاد عرض السد من الاعلى بالمعادلة:

$$B=\frac{H}{5}+3$$

ان اقل عرض للسد الترابي من الاعلى هو حوالي 3 متر.

3- ميل الجوانب مقدم ومؤخر السد:

ميل الجانب الملامس للمياه (upstream side) يمكن ان يتراوح بين 2:1 الى 4:1 معتمداً على خواص المواد المكونة للسد وعلى ارتفاع اسس السد ونوعها.

وعلى اية حال فان ميل مقدم السد المعتاد هو $1:2\frac{1}{2}$ أو 3:1 . وميل مؤخر السد عموماً هو 2:1 إذا كانت المواد المكونة له نفاذة للماء واذا كانت المواد صماء ومنشأ السد على تربة اساس جيدة يمكن ان يكون $1:2\frac{1}{2}$.

4– نظام البزل (Drainage system)

يمكن القول انه من المتعذر انشاء مبزل محكم ضد رشح المياه وعليه فانه توجد دائماً بعض المياه الراشحة خلال جسم السد. ان الطرق المستعملة في اكثر الاحيان للسيطرة على المياه الراشحة هو اقامة طبقة صماء ضمن جسم السد أو جعل وجهه الملامس للمياه غير نفاذ ومحكماً امام مياه الرشح. او اقامة حاجز او لب من الطين أو ساتر غيرنفاذ . تتجمع المياه الراشحة في المبازل المتكونة من ذنائب حجرية ومبزل افقي أو على شكل مدخنة كما اشير الى ذلك مقدماً. المبازل المرشحة يجب ان تكون مصممة جيداً. ان USBR يوصي بالمواصفات التالية للمواد المستعملة في المبازل:–

i) $\frac{D_{15} \text{ of filter material}}{D_{15} \text{ of Base material}} = 5 \text{ to } 40$

على شرط ان لا يحتوي المرشح اكثر من 5٪ من المواد انعم من 0.074 ملم.

ii $\frac{D_{15} \text{ of filter material}}{D_{85} \text{ of Base material}} = 5 \text{ or less}$

iii) $\frac{D_{85} \text{ of filter material}}{\text{max. opening of pipe drain}} = 5 \text{ or less}$

iv)the grain size curve (distribution curve)of the filter should be roughly similer to that of the base material. Here the subscript (15 or 85) to D, indieates the grain Size than which the pereentage shown by the subcript is finer.

الحالة (i) تبين وتؤكد على ان المرشح سيكون اكثر نفاذية من التربة التي يحميها بينما تضمن الحالة (ii) ان المرشح سوف يمنع عملية غسل دقائق التربة بفعل قوة دفع الماء الراشح.

5-اللب المسيطر على المياه الراشحة (control core)

اللب المركزي المعمول من تربة صماء نسبياً كالطين يساعد على منع المياه من الرشح خلال جسم السد. ويعتمد سمك اللب على: نوع المواد المكونة له ولغيره من اجزاء السد الاخرى، الرشح المسموح به ، اقل عرض عملي، وتصميم الطبقات المرشحة. وعلى اية حال فان سمك اللب الحاجز في اي مستوى يجب ان لا يقل عن ارتفاع السد عند المستوى وذلك لاجل يكون معدل الميل الهيدروليكي (the average hydroulic gracie) اقل من (1.0). ان العرض العملي للب الحاجز عند قمة السد يمكن ان يكون حوالي 3.00 متر ويمكن ان يكون موقع اللب الحاجز في المركز ويمكن ان يكون مائلاً وكلاهما له مزاياه.

16-4 المعدات والاليات الضرورية لانشاء السد الترابي

ان الآليات التي يحتاجها تنفيذ سد ترابي هي لازاحة ونقل وحدل المواد الاولية في انشاء السد وهي كما يلي:-

1- معدات الحفر كالسكريبرات والشفلات.

2- معدات النقل كالسيارات القلابة (Trucks) والاحزمة الناقلة.

3- معدات الحدل(Rollers) .

يتم الحدل طبقة بعد اخرى عندما تكون نسبة الرطوبة في التربة المراد حدلها مساوية او قريبة من محتوى الرطوبة الامثل لها (optimum moistrre content) الحصو الخشن لا يحدل بالحالات بل تتم عملية الحدل بالاجهزة الهزازة.

يمكن ان تكون الحالات من الانواع التالية:

1- الحادلات ذات الاطارات الهوائية (Pneumatic tyred).

2- حادلات قدم الغنم (sheep - foot rollers).

3- الحادلات ذات الاطار الاملس (smooth wheel).

4- الساحبات واللوريات وغيرها.

17-4 استقرارية السد الترابي

ان اكثر الطرق شيوعاً لفحص استقرارية السدود والترابية هي طريقة الدائرة المنزلقة (slip circle) وتفترض هذه الطريقة انزلاق جزء ذي سطح دائري يمر ضمن السد والاسس حيث يحدث على امتداد هذا السطح الفشل ضد القص (shear failure) وتتألف الطريقة من حساب جهود القص (shear stresses) اللازمة لمنع الانزلاق خلال هذا السطح الدائري ومقارنة هذه النتائج مع قوى القص الحقيقية الموجودة لازاحة الكتلة الدائرية من السد. فاذا كانت النسبة بين القوة اللازمة لمنع الانزلاق والقوة الحقيقية التي قد تسبب الانزلاق اكثر من واحد فانه يمكن القول بان السد في امان من الناحية النظرية. ولكن من الناحية العملية يستسحن ان تكون هذه النسبة (1.5) لتغطية اية سلبيات غير منظورة في سلوك التربة المكونة للسد. مثل هذه الحسابات يجب اجراؤها على مختلف الظروف التي يتعرض لها السد مثل حالة الاملاء الكامل للخزان، وخلال عمليات تنفيذ السد، وحالات التفريغ السريع للمياه.

ورغم ان هذه الطريقة شائعة الاستعمال الا انها تتضمن ثلاث سلبيات هي:

1- ان التحليلات تفترض بانها ذات بعدين (twodimensional analysis) في حين ان الفشل الحقيقي والانزلاق يكون ذا ثلاثة ابعاد.

2- افترض ان سطح الفشل دائري وان الواقع قد يكون سطحاً غير منتظم وغير مستو.

3- ان الطريقة تتطلب اجراء الحسابات على عدة مرات (سطوح) للحصول على السطح الحرج (critical surface) الذي لا يحدث خلاله الفشل باقل معامل امان (يمكن اجراء مثل هذه الحسابات المطولة ببرامج الحاسبات الالكترونية).
ولتوضيح طريقة حساب الاستقرارية لجوانب السد الترابي لانزلاق دائري وايجاد مركز الدائرة الحرجة (التي قد يحدث خلالها الانزلاق) نلاحظ الشكل (14-4).

ان احداثيات مركز الدوران Oc للسطح الدائري المنزلق والاكثر خطورة خلال نقطة التقاء الميل بسطح الارض A (Toe) للتربة ذات الاحتكار واللزوجة (ϕ-c) يمكن ايجادها بطريقة الصح والخطأ (bytrial and error) .

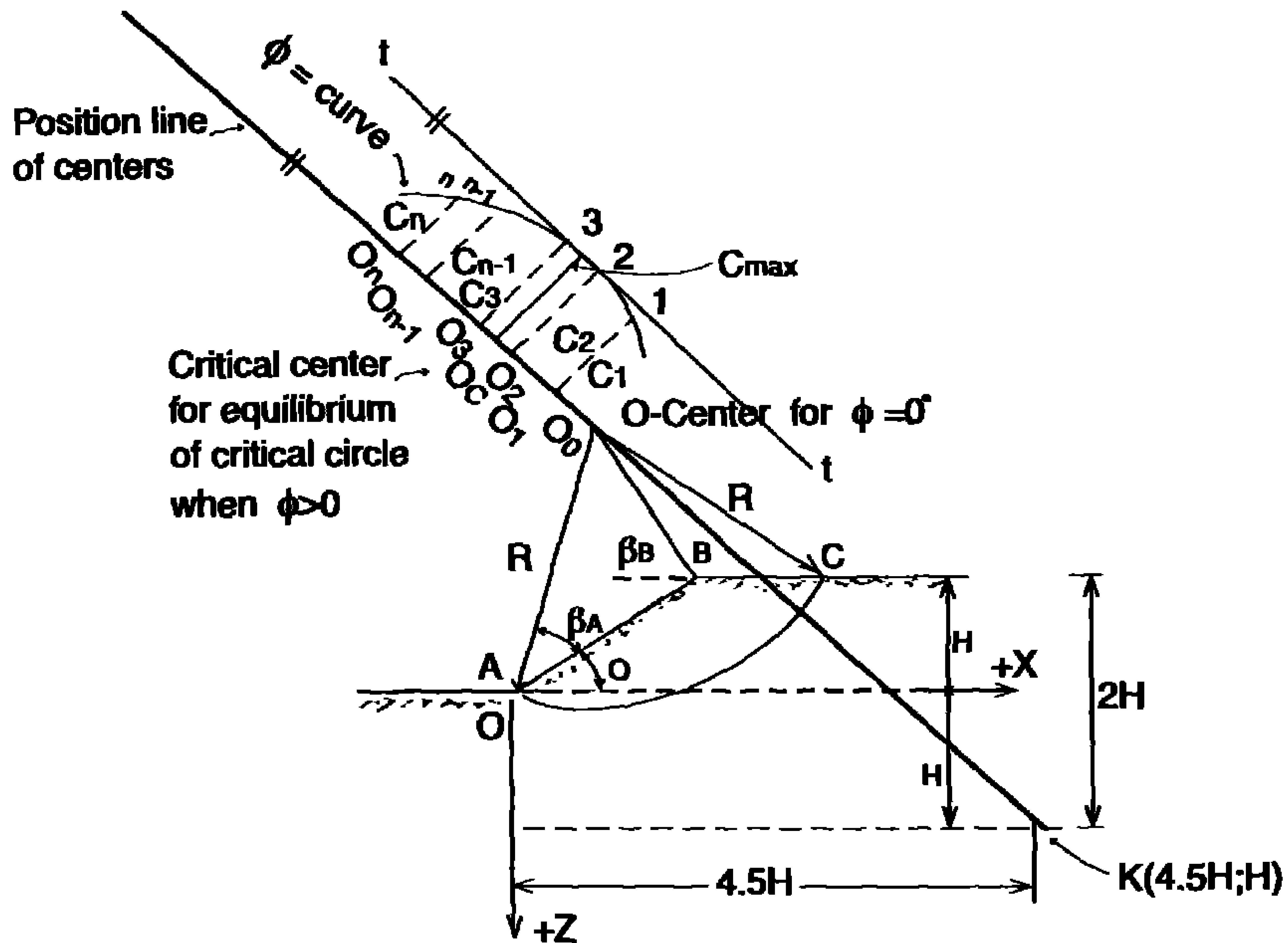
يتم اولاً تحديد النقطة (Oo) التي تمثل مركز السطح الدائري المنزلق Ac للتربة عندما تكون زاوية الاحتكاك الداخلي لها ϕ= صفر ، وذلك عن طريق ايجاد الزاويتين (B_B, A_A) من جداول (Felleius) الخاصة بالتربة اللزجة فقط اي عندمـا تكون ϕ= صفر (cohesive soil) وادناه جدول بقيم الزاويتين المستخرجة من بيانات (Fillenius):

Slop (e/n, 1) 1:n	:	1:1	1:1.5	1:2	1:3	1:5	1:0.58
Directional Angles β_A	:	~28°	~26°	~25°	~25°	~25°	~29°
β_B	:	~38°	~35°	~35°	~35°	~37°	~40°

ولايجاد المركز الحرج Oc للترب اللزجة وذات الاحتكاك(ϕ-c) يتم أولاً تحديد الخط الذي تقع عليه كافة المراكز للسطوح التي يتم تجريبها(O_o , O_1, O_2...O_n) ومن منحنيات (Fellenius) يمكن ملاحظة ان هذا الخط المستقيم يمر خلال النقطة Oo (التي تم تحديدها من الزاويتين B_B, A_A) ونقطة k التي احداثياتها هي(4.5H=x و H= Z) حيث H= ارتفاع السد.

ارسم الخط O_o, K بعد تثبيت نقطة K ونقطة O_o على المرتسم. حيث تقع كافة المراكز للسطوح التي سيتم تجريبها على امتداد هذا الخط.

إختر على الخط المذكور الى الاعلى من النقطة O_o عدة نقاط (ولتكن متساوية المسافات البينية) تمثل مراكز للسطوح التجريبية ($O_1, O_2, O_3 .. O_{n-1}\ O_n$) .



الشكل (4–14) تعيين المركز الحرج للدائرة الحرجة

ارسم دوائر بعدد تلك النقاط مركز دائرة واحدة من النقاط المذكورة ونصف قطرها من المركز الى النقطة A.

احسب لكل دائرة كمية اللزوجة (cohesion) اللازمة لتثبيت حالة توازن حسب قيمة زاوية الاحتكار ϕ المعطاة للتربة وذلك من المعادلة:

$$\sum T = \tan\phi \sum N + C\widehat{L} \quad \text{or} \quad C = \frac{\sum T - \tan\phi \sum N}{\widehat{L}}$$

حيث T= القوة ذات الاتجاه المماس للسطح وN = القوة العمودية على السطح
$\hat{L}$ = طول قوس كل دائرة.

ارسم القيم المحسوبة لـ C كاحداثي عمودي على الخط OoK من النقطة المقابلة له بمقياس معين فمثلا ارسم C_1 عند النقطة O_1 و O_2 عند النقطة O_2 وهكذا. ثم اربط هذه الاحداثيات بخط منحني يمتد من النقطة 1 الى 2 الى 3 الى n وهذا الخط المنحني يسمى (منحنى ϕ) ثم ارسم المماس (t-t) الى المنحنى والموازي للخط OoK . ان هذا المماس سوف يعطي اعلى قيمة للزوجة (Cmax) حيث تساوي المسافة العمودية بينه وبين الخط OoK وهي اعلى قيمة للزوجة يمكن ان تثبت حالة استقرار لجانب السد عندما تكون زاوية الاحتكار = ϕ. ان Cmax تعطي نقطة Oc على الخط OoK تمثل المركز الحرج لسطح الانزلاق الحرج عندما يكون الاحتكار يساوي ϕ ومعامل الامان له يساوي η أقل قيمة.

بنصف قطر (R=OcA) ارسم السطح الدائري الحرج (ACc) حيث على امتداد هذا السطح يحتمل ان يحدث الانزلاق.

قسم جزء التربة الواقع فوق هذا السطح الحرج الى شرائح. واحسب ΣT و $\Sigma N \tan\phi$ و $\widehat{CL}$ (استعمل ϕ و C المستخرجة من المختبر للتربة المطلوبة (ثم احسب معامل الامان η من المعادلة:

$$\eta = \frac{\tan\phi \sum N + C\hat{L}}{\sum T}$$

اذا كان $\eta \geq 1.5$ فان جانب السد يمكن ان يكون مستقراً واذا كان $\eta < 1.5$ فان ميل الجانب وارتفاعه يجب ان يعاد تصميمه. ويمكن توضيح هذه الحسابات بالمثال التالي:-

مثال 4-9:

سد ميل جانبه 1:2 وارتفاعه 45 قدم = H وترتبه من نوع (ϕ-C) كثافتها

الوزنية γ = IIo Ib/ft^3 ، زاوية الاحتكاك الداخلي (ϕ=7°) ، The angle of intern-nel friction) وقوة اللزوجة Cohesive Strength, C= 1200 16/ft^2 احسب معامل الامان η لتأمين عدم الانزلاق . اقل معامل امان يجب ان يكون η =2.0.

الحل:

في الشكل (4-15) الدائرة الحرجة لتربة لزجة نقية (ϕ=o ، Pure cohesive soil) تم رسمها ومركزها الحرج Oo (η=1) . علماً بأن Oo تم تعيينها بعد الحصول على الزوايا B_A = 25°، B_B = 35°، من الجداول . ارسم جزء الدائرة $\widehat{ACo}$ مركزها Oo ونصف قطرها OoA حيث يقطع قوسها قمة السد في Co. ارسم نقطة K حيث ان احداثيها الافقي x= 4.5H = 202.5 ft والعمودي Z= H = 45ft. ارسم الخط OoK ومده الى اعلى النقطة Oo . المركز الحرج Cc لتربة (ϕ=C) عندما تكون ϕ=7° يجب ايجاده بطريقة الصح والخطأ (trial and error) لذلك افرض وجود خمس نقاط (التي تعتبر مراكز لدوائر) ارسم الاقواس (اجزاء الدوائر) بانصاف اقطار من كل نقطة مركز الى نقطة A لتحصل على اجزاء الدوائر : $\widehat{AC}$0, $\widehat{AC}$1, $\widehat{AC}$2, $\widehat{AC}$3, $\widehat{AC}$4, $\widehat{AC}$5 اقسم التربة الواقعة فوق هذا الاقواس الى شرائح متساوية العرض مثلا (b= 10ft) وتثبت في المرتسم حسب مقياس الرسم. ولكل قوس احسب الوزن W لكل شريحة وحلل الوزن الى مركبته العمودية على القوس ومركبته المماسة للقوس n وt على التوالي. ولأن وزن الشريحة يتناسب مع مساحتها اي ان W=γa حيث W= وزن الشريحة و a = مساحتها، احسب مساحة كل شريحة واحسب المركبات العمودية والمماسة لكل منها حيث: n= aco3α و t= asinα ، أو يمكن ايجاد مركبتي a بالقياس من المرتسم. مجموع المركبات المماسة والعمودية على القوس لمساحات كل الشرائح فوق القوس الواحد ستكون ΣN و Σt بعد ذلك يمكن حساب القوى العمودية والمماسة لكل جزء دائرة ΣT و ΣN الناتجة من وزن التربة المنزلقة (ABC) كما يلي: $N= \gamma\sum n$, $T= \gamma\sum t$.

احسب اعلى قوة لزوجة (max. lohesio) لازمة لكل جزء دائرة (O_1, O_2, O_3, O_4, O_5) ثم ثبتها في المرتسم عند النقاط (C_1,C_2,C_3,C_4,C_5) كاحداثيات عمودية على الخط OoK . ثم ارسم الخط الذي يربط هذه الاحداثيات ليمثل منحنى (ϕ=7) فمثلا من المعادلة

$$C=\frac{\sum T-\tan\phi\sum N}{\hat{L}}$$

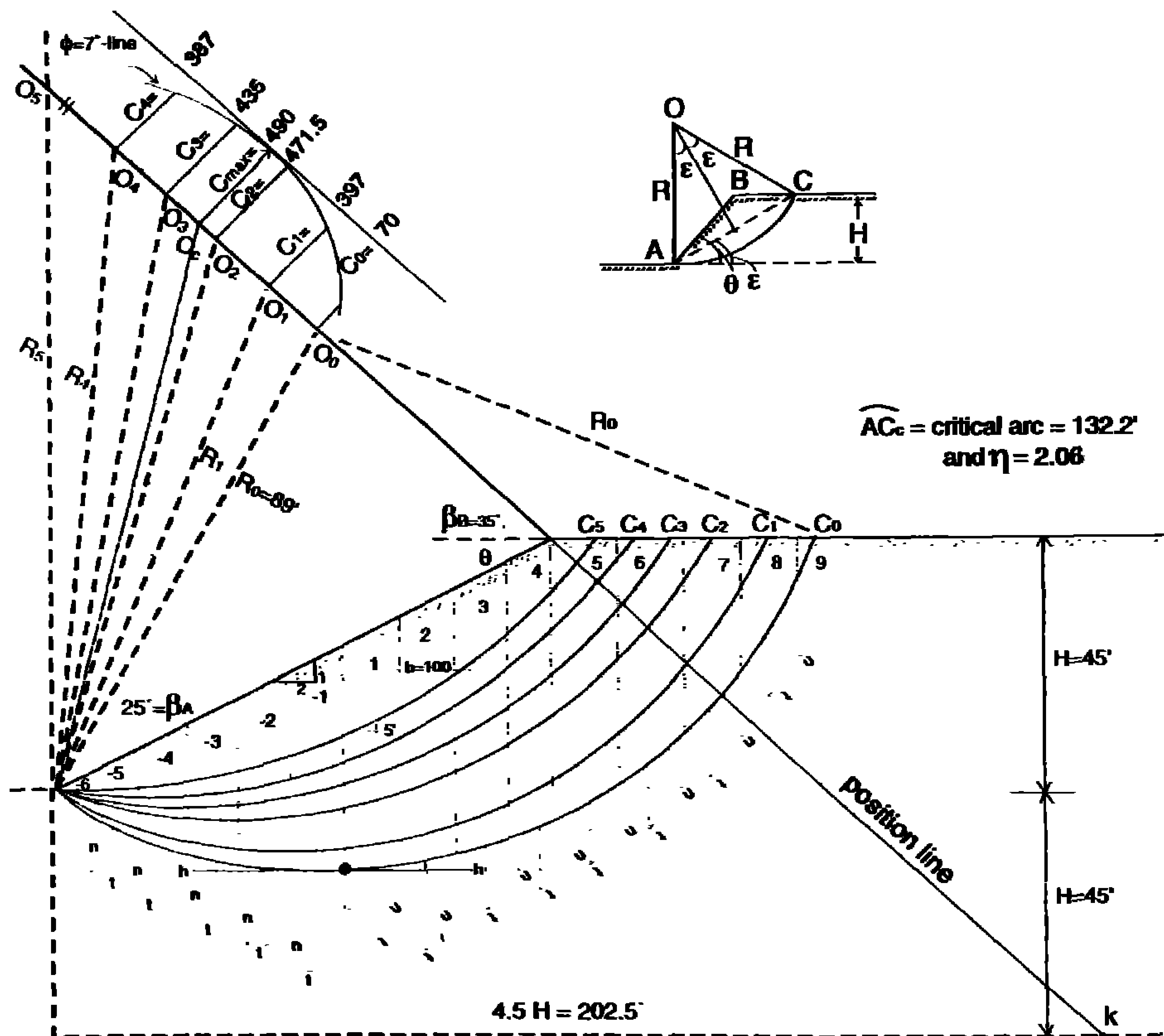
فان اعلى لزوجة لمعامل امان η=1 سيكون: C_2 = 471.5 ، C_1= 397 $1b/ft^2$ ، $1b/ft^2$ ، C_3 =435 $1b/ft^2$ ، C_4 = 387 $1b/ft^2$ ولأن اللزوجة هبطت من C_2=471.5 الى C_3= 435 في النقطتين O_2 و O_3 فان الحسابات الخاصة بالقوس الخامس لا حاجة بها لان اعلى لزوجة لازمة Cmax لتربة ϕ=7 وجدت بأنها عند النقطة Oc كما يظهر في الشكل (4-15) وقيمتها Cmax= 490 $1b/ft^2$ تم قياسها من المرتسم، خلال نقطة A ترسم الآن الدائرة الحرجة Cc بمركزها Oc.

ارسم الدائرة الحرجة Cc والتي مركزها Oc خلال النقطة A. قيمة Cmax= 490 $1b/ft^2$ تم قياسها من الرسم . احسب معامل للدائرة الحرجة والدوائر الاخرى من المعادلة :

$$\eta=\frac{\tan\phi\sum N+C\hat{L}}{\sum T}$$

إن سطح الانزلاق الحرج (عند ϕ=7° و c= 1200 $1b/ft^2$) الذي له أقل معامل امان ηc= 2.06 =2 بينما كانت قيمة معامل الامان لبقية الدوائر (السطوح) < 2.5. وهذايؤكد ان الميل المطلوب فحصه يحقق معامل الامان المطلوب والذي مقداره 2.5 وعليه فان هذا الميل بمواصفاته يمكن ان يعتبر اميناً.

معامل الامان للتربة اللزجة النقية (ϕ=0) يساوي η= 1.63 . ان هذه التربة غير مطلوبة الفحص وانها ادخلت في الحسابات لغرض المقارنة.


φ=7°-line
397
435
490
471.5
397
70
O5
O4
O3
O2
O1
O0
R5
R4
R1
R0=89'
R0
O
R
ε
ε
R
B
C
R
A
H
θ ε
AC̄c = critical arc = 132.2'
and η = 2.06
βB=35°
C5 C4 C3 C2 C1 C0
θ
25°=βA
position line
H=45'
H=45'
4.5 H = 202.5'
k

الشكل (4–15)

وادناه بعض تفاصيل الحسابات لتوضيح عملية فحص الاستقرارية:-

$$Co= \frac{1}{4}\gamma Hf(\theta,\varepsilon,\omega)$$

θ=22° , ε= 55° 50' ; ω= 18° 30' ; γ= 110 1b/ ft^3 ; H= 45ft

$$f(\theta,\varepsilon,\omega) = \frac{2\sin^2\varepsilon\sin^2\omega}{\varepsilon}$$

$$\left[\cot\varepsilon\cot\omega - \cot\varepsilon\cot\theta + \cot\theta\cot\omega - \frac{2}{3}\cot^2\theta + \frac{1}{3}\right]$$

$$= \frac{2 \times 0.827^2 \times 0.317^2}{0.973}$$

$$\left[0.679x2.989 - 0.679x2.475 + 2.475x2.989 - \frac{2}{3}(2.475)^2 + \frac{1}{3}\right] = 0.564$$

$$\therefore Co = \frac{1}{4}(11.5 \times 45 \times 0.564) \approx 70 \text{ 1b/ft}^2$$

ان مختلف الزوايا في الشكل يمكن قياسها أو حسابها رياضياً، وكذلك نصف القطر لكل دائرة ويمكن حساب اطوال الاقواس $\hat{L}$ رياضياً.

$$C= \frac{\sum T - \tan\phi \sum N}{\hat{L}}$$

$$C_1= \frac{971.6 \times 110 - 0.1228 \times 3409.9 \times 110}{153.5} = 397.5 \text{ 1b/ft}^2$$

وتستخرج البقية بنفس الطريقة.

يستخرج معامل الامان η للدوائر من C_1 الى C_4 إضافة الى C_c من المعادلة:-

$$\eta = \frac{\tan\phi \sum N + C\hat{L}}{\sum T}$$

$$\eta_1 = \frac{0.1228 x 3409.9 \times 110 + 1200 \times 135.5}{971.6 \times 110} = 2.15$$

$$\eta_2 = \frac{0.1228 x 2510.3 \times 110 + 1200 \times 139.0}{904.0 \times 110} = 2.11$$

$\eta_3 = 2.22$ و $\eta_4 = 3.46$

$$\eta_c = \frac{0.1228 \times 2274.2 \times 110 + 1200 \times 132.0}{832.5 \times 110} = 2.06$$

حيث ان $c=1200\ 1b/ft^2$ هو قوة القص الحقيقي والمستخرج في المختبر.
الحسابات الكاملة في الجدول التالي:-

Centroid curve	O_0		O_1		O_2		O_3		O_4		O_c	
Length of Arc	171.0'		153.5'		139.0'		126.0'		116.0'		162.0'	
Forces	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t
Slice Numbers												
-6	12.9	-10.5	6.9	-4.0	7.0	-3.1	7.8	-2.1	5.0	-1.0	9.2	-3.2
-5	107.2	-63.0	88.0	-39.1	69.5	-20.6	59.6	-9.5	54.8	-2.8	71.5	-16.2
-4	206.0 }	-88.5	168.0	-48.8	145.0	-24.6	124.0	-6.6	114.9	5.0	140.0	-15.6
											{ 94.8	-2.6
-3	285.0 }	-84.6	256.0	-43.1	224.0	-12.4	174.0	9.2	149.0	22.5	109.0 }	3.0
-2	364.0	-63.4	322.0	-18.1	276.0	15.1	224.0	35.6	175.0	45.0	242.0	27.0
-1	423.0	-24.2	368.0	20.7	307.0	50.8	224.0	65.7	183.0	68.3	271.0	61.5
1	468.0	27.8	404.0	68.9	324.0	91.8	248.0	97.5	184.8	92.1	287.0	97.9
2	510.0	88.7	423.0	123.0	324.0	134.4	250.0	120.6	169.5	110.0	284.0	134.8
3	522.0	155.0	396.4	176.0	309.0	173.1	223.0	150.5	127.0	113.8	259.0	165.5
4	508.5	218.5	394.0	228.0	258.0	202.0	169.0	157.0	92.5	102.0	212.0	179.6
5	447.0	263.0	298.0	234.0	177.0	178.0	75.0	92.5	5.9	8.2	187.0	151.2
6	334.1	273.0	195.0	210.0	71.5	103.0	3.8	5.6	---	---	107.7	49.6
7	236.4	256.0	86.3	50.3	8.3	16.5	---	---	---	---	---	---
8	111.5	186.0	4.1	13.8	---	---	---	---	---	---	---	---
9	8.5	23.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Σn and Σt	4544.1	1187.0	3409.9	971.6	2510.3	904.0	1802.2	718.1	1261.4	563.1	22774.2	832.5
η	1.63		2.15		2.11		2.22		3.46		2.06	
2ε	11°40'		99°00'		86°00'		76°00'		66°00'		$2\varepsilon_c$=82°00'	
C_{nec}	69.8		397.0		471.5		435.0		387.0		C_{max}=490.0	

18-4 السدود الحجرية Rock-Fill Dams

وهي سدود اشبه بالسدود الترابية الا ان مادة الاملاء الرئيسية فيها هي الحجر. حيث يتم الاملاء بالقاء الحجر اكواماً أو رصفه باليد او فرشه على شكل طبقات يتم حدلها بالحدل الإهتزازي (Vibratory Compaction).

السدود الحجرية الكبيرة يتم إنشاؤها على تربة حجرية الا ان الاسس فيها لا تحتاج الى تلك القوة المطلوبة في غيرها من السدود التي تعتمد على وزنها في مقاومة ضغط المياه كالسدود والكونكريتية الوزنية (gravity Dams) .

ان السدود الحجرية لها من الاستقرارية الجيدة بحيث انها تقاوم الهزات الارضية دون تخلخل السد، ولهذا السبب فان السدود الحجرية تستعمل كثيراً في السدود ذات الارتفاع العالي جداً مثل سد (Nurek) في الاتحاد السوفيتي (سابقاً) حيث يعتبر اعلى سد في العالم فهو سد من الاملاء الحجري.

ان الصفة الاساسية للسدود الحجرية لكي تحجز المياه لا بد من وجود طبقة صماء تمتد على طول السد واستناداً لنوع الطبقة الصماء في السد الحجري هناك نوعان من السدود الحجرية:

1- السدود ذات الغشاء غير النفاذ (Impervious membrane) حيث تتكون الطبقة الصماء في هذا النوع من الكونكريت او الكونكريت الاسفلتي واحياناً من الحديد . توضع هذه الطبقة على جانب مقدم السد فوق طبقة من قطع الحجر المرصوفة باليد والطبقة الاخيرة تغطي الحجر المفروش عشوائياً في جسم السد كما في الشكل (4-16-أ).

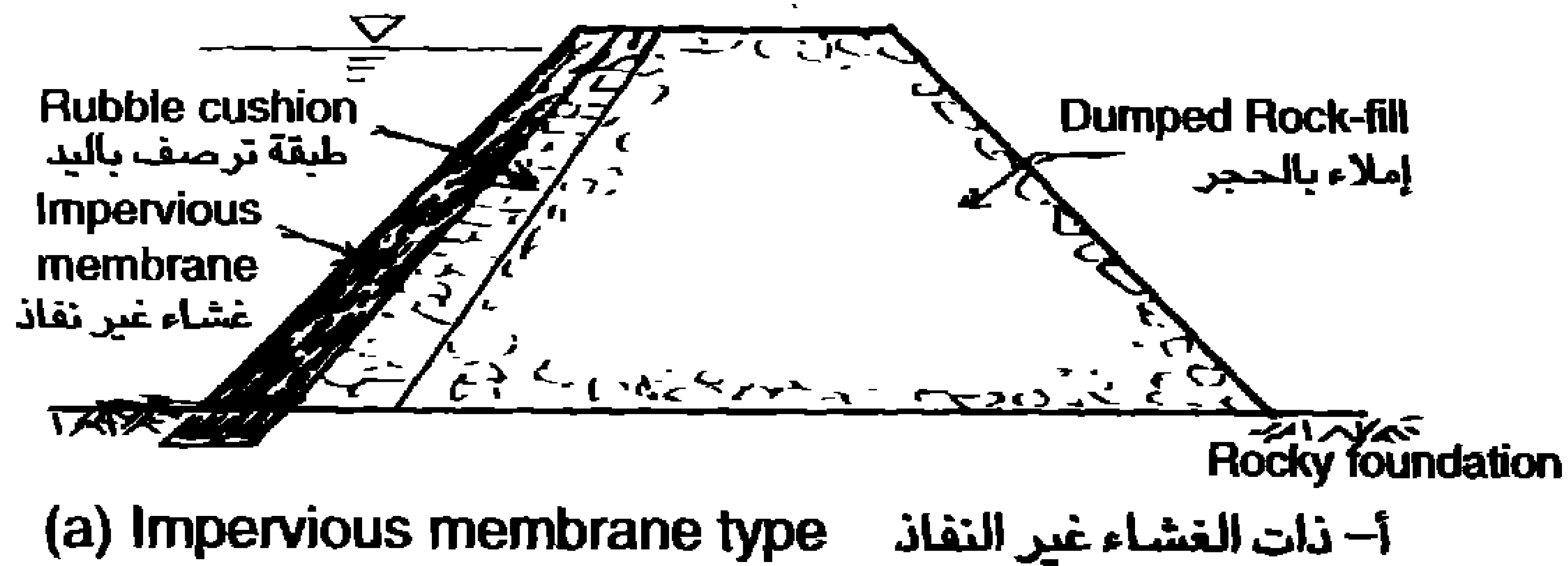
2- السدود الحجرية ذات اللب الترابي حيث تكون الطبقة الصماء عبارة عن لب معمول من التربة الصماء في وسط السد، ومثل هذه السدود تسمى ايضا السدود الترابية – الحجرية (الشكل 4-16-ب) . ان اللب الترابي يمكن ان يكون

في الوسط وبصورة عمودية كما في السدود الترابية او مائلاً وغير متماثل الجهتين (Unsymmitrical) . في مثل هذه السدود يفصل اللب عن الامـلاء بالحجر بمرشحات يتم اختيار مادتها جيداً وعلى جانبي اللب.

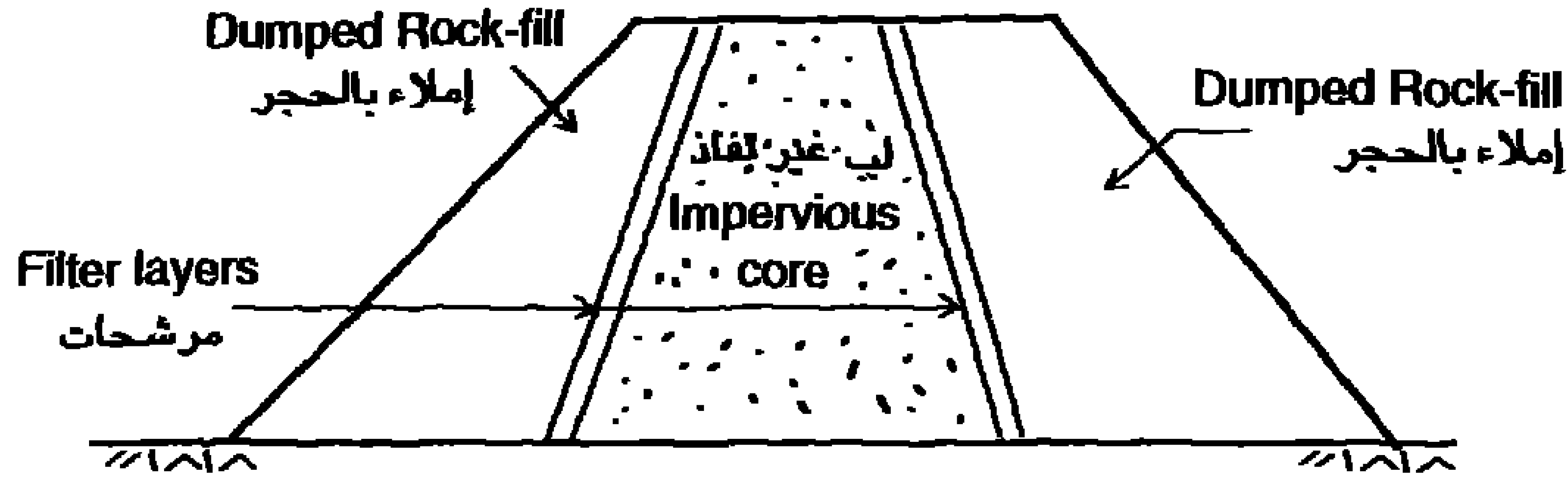
في السداد الحجرية القديمة لا يوجد حدل اما في الوقت الحاضر فان الحالات الاهتزازية (vibratory rollers) تستعمل بنجاح في حدل مثل هذه السدود.

ان اكبر حجم مسموح به للحجر يتحدد بمعدات النقل ونوعها. القطع التي يصل حجمها الى 2م^3 كانت تستعمل في الماضي اما في الوقت الحاضر فان الحجر المستعمل والاكثر شيوعاً هو اصغر حجماً من ذلك.

ان السدود الحجرية ذات الغشاء غير النفاذ (membrane type) اكثر كلفة من السدود الحجرية ذات اللب الترابي. اضافة الى ذلك في ارتفاعات المياه التي تزيد على 100 متر فان الغشاء غير النفاذ يندر استعماله وذلك لعدم وجود المعلومات الكافية عن كيفية سلوك هذا الغشاء وعمله تحت هذا الارتفاع من المياه. سمك الغشاء الكونكريتي يعتمد بصورة عامة على اعلى منسوب للمياه في الخزان ويجب ان لا يقل عن 1٪ من ارتفاع الماء امام السد ويجب وجود تسليح حديدي في الكونكريت بمقدار 0.5٪ بالاتجاهين.



(a) Impervious membrane type أ- ذات الغشاء غير النفاذ



(b) Earth core type ب– السدود الحجرية ذات اللب الترابي

الشكل (4-16) السدود الحجرية Rock fill Dams

عندما يكون الاملاء بالحجر عشوائياً على شكل طبقات أو أكوام فان ميل الجوانب يكون حوالي 1.4افقي الى 1.0 عمودي. ميل جانب مؤخر السد يأخذ نفس الميل المذكور أو أكثر انحداراً (Flatter) . ميل مقدم السد ذو الغشاء غير النفاذ يمكن ان يكون مساوياً لما ذكر او أكثر انحداراً منه ولحد (1-1.75) ويمكن ان يصل الى (2.5 الى 1) للسدود العالية ذات اللب الترابي.

ان الطبقة الحجرية التي يفرش عليها الغشاء غير النفاذ والتي ترصف باليد عادة يجب ان يؤخذ الحذر عند الرصف بحيث ترصف كل القطع الحجرية على سطوح مستقرة جيداً وتملأ كافة الفراغات بقطع الحجر الصغيرة وان سمك هذه الطبقة يزداد من (1.5 الى 3 متر) عند القمة الى 5٪ من الارتفاع الكلي عند القعر.

في السدود الحجرية ذات اللب الترابي يتم تصميم اللب غير النفاذ بموجب نفس الاسس المتبعة في تصميمه في السدود والترابية.

عندما تكون جوانب السدود الحجرية محمية جيداً فان هذه السدود تكون ذات مقاومة اكثر لتأثير طغيان المياه عليها حيث تعتبر هذه الميزة من محاسن هذا النوع من السدود .

19-4 أمثلة من السدود الترابية والحجرية

1- سد بيز (Beas dam) يقع هذا السد في البنجاب.

يبلغ ارتفاعه 132.6 متر عن اعمق مستوى للاسس. تم انشاء لب مركزي عريض غير نفاذ للمياه محمي من الجهتين بمواد مرشحة مع اكتاف من الحصى والرمل نفاذة للمياه. بلغ مجموع الكميات الترابية الاملائية التي جهز بها السد 36.05 مليون متر مكعب. تبلغ سعة الخزن الحي لخزانه (live capacity) مقداره 8.14 بليون متر مكعب من المياه على مساحة مقدارها 254 كيلومتر مربع. وقد زاد حجم الاملاء الكلي للسد على 64.00 مليون متر مكعب.

الشكل (4-17) يمثل مقطعاً للسد.

الشكل (4-17) سد بيز Beas في البنجاب في الهند (سد ترابي)

2– سد تربلا (Terbela dam)

يعتبر هذا السد اكبر السدود الاملائية في العالم، ارتفاعه 143.20 متر فوق مستوى الوادي ويتكون من 2740 متر طول من الاملاء الحجري والترابي على عرض وادي النهر الرئيسي، وفيه اربعة انفاق (tunnels) للمياه تمر في الجانب الحجري الايمن من السد لتحويل المياه خلال المرحلة الاخيرة من عملية انشاء السد ولاغراض الري وتوليد الطاقة. وتوجد محطة للطاقة، وممرين للسفج العلوي(spill ways) يمران في الجانب الصخري الايسر من السد تصب في واد جانبي. اضافة الى سدين مساعدين اضافيين. مقدار الحفر الكلي (total exca-vation) يساوي 73.20 مليون متر مكعب. مقدار الاملاء الكلي 142 مليون متر مكعب. كمية الكونكريت الكلية المستعملة 2.58 مليون متر مكعب.

تم تقدير فترة 50 سنة او قريباً من ذلك سيفقد الخزان سعته الخزنية خلالها كلياً بسبب الترسبات من المياه الواردة رغم ان توليد الطاقة سيستمر بعد هذه الفترة. وقد وضعت بعض الخطط باجراءات معنية لزيادة عمر الخزان ضد الترسب وفقدان السعة الى 100 سنة.

موقع السد : يقع السد على نهر اندوس (Indus) بمسافة 64 كم شمال غرب راولبندي على حافة منطقة جبلية وان الماء المخزون سوف يطلق الى نهر الاندوس ثانية .(الشكل 4–18).

مراحل التنفيذ : تم تقسيم مراحل العمل الى ثلاث مراحل. خلال المرحلة الاولى يبقى مجرى النهر كما هو في موقعه الاصلي. ويحول خلال المرحلة الثانية الى قناة نفذت خصيصاً لهذا الغرض على الكتف الايمن للنهر ويستمر انشاء السد الرئيسي. خلال المرحلة الثالثة يسمح للمياه بالجريان في الانفاق الاربعة المنفذة على الجهة اليمنى للسد. تم بناء سد مؤقت (buttress) على قناة التحويل

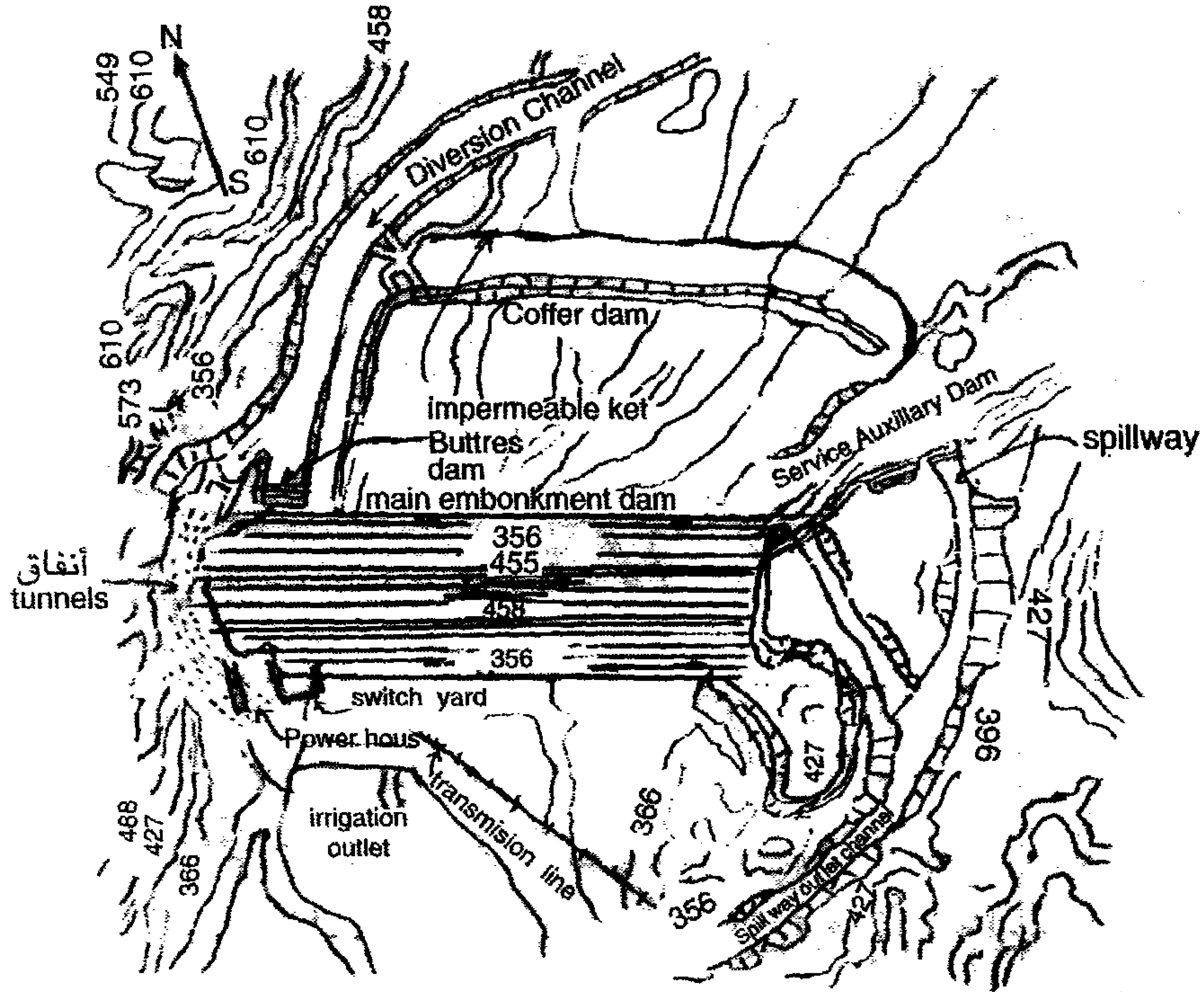
بحيث يمكن بدء توليد الطاقة خلال المرحلة الثالثة من المياه المحجوزة في الخزان. وعليه فان كلفة سد الدعامة (buttress) سوف تغطى بعد سنة من توليد الطاقة خلال المرحلة الثالثة عندما يكون السد الرئيسي قد امتد ليقطع قناة التحويل فان سد الدعامة (buttress) سوف يغلق وان الماء سيجري خلال الانفاق .

قناة التحويل (Diversion channel)

عرض قناة التحويل يتغير من 198 متر في جزءها الاول الى 211.7 في مقطعها الثاني بطول 464 متر. اعلى تصريف يمكن ان يمر في القناة 21200 $م^3$/ث بمعدل عمق 13.7 متر.

سد الدعامة Buttress dam

تم بناء هذا السد على قناة التحويل عند حافة جانب مقدم السد الرئيسي لتحقيق عملية قطع سريع وتحويل مجرى النهر الى الانفاق عند نهاية المرحلة الثانية من المشروع. ارتفاع السد 32 متر فوق الاساس وله 27 دعامة (buttresses) عرض كل منها 1.83 متر مع 28 بوابة عرض كل منها 5.8 متر وعدد الابواب 28 مثبتة بعجلات تستعمل لقطع الجريان وتحويله الى الانفاق فقط وليس للسيطرة على الجريان او تنظيمه. الثلث الوسطي منه نظم ليحمل (stoplogs) بينما الثلث السفلي منه جهز بأبواب ذات عجلات . ان هذا السد مصمم لامرار تصريف مقداره 21200 $م^3$/ث قبل تنزيل الـ (Stop logs) والابواب.



الشكل(4-18) الخارطة العامة التي تبين موقع سد تربلا

السدود المحيطة المؤقتة Embankment coffer dams

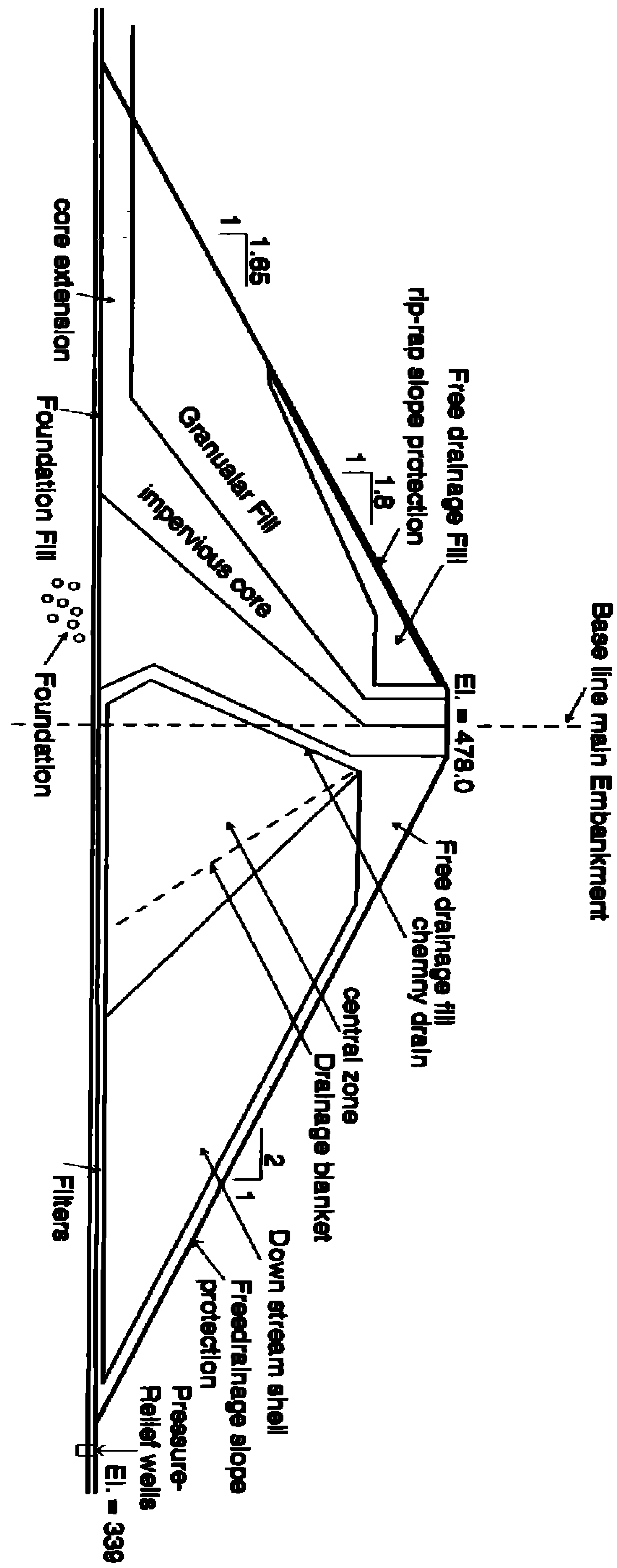
هناك اربعة سدود مؤقتة انشأت خلال المرحلة الاولى من المشروع للاستفادة منها خلال مراحل المشروع المختلفة. وقد انشأت هذه السدود المؤقتة من صفائح الحديد حيث تكون الجانب الايمن لقناة التحويل (جدار) بطول 487.5 متر مكون من خلايا كبيرة (Sheet pile cellular cofferdam) لحماية المنطقة جيداً وخصوصاً محطة الطاقة ، وفي حالة فشل خلية ما من السد فان اية مشاكل ناتجة يمكن حصرها في موقع الخلية المنهارة فقط. يتكون السد من 20 خلية كل منها بقطر 22.4 متر وتتصل كل خلية باخرى بواسطة قوس دائري

بعرض 17.1 متر يعتبر كطريق جيد في اعلى السد. انشئت الخلايا على اساس من الحجر ودقت بواسطة مطرقة اهتزازية (vibratory hammer) الى الاساس. ويتراوح ارتفاعها من 15.85 متر الى 38.8 متر. ان اعلى ارتفاع لأكثر الخلايا هو 20.4 متر.

السد الرئيسي (Main Embankment)

يتميز هذا السد بصفة خاصة بوجود طبقة صماء (impervious blanket) تغطي جانب مقدم السد وتمتد الى الاسفل لتغطي الارض الطبيعية مقدم السد بصورة متصلة مع السد الرئيسي. يوجد في السد لب حاجز مائل مسنود بأكتاف (shells) من مادة نفاذة (pervious material) متكونة من مادة مدرجة جيداً (well graded granular) من كلا الجانبين مقدم ومؤخر السد. ان اللب الحاجز (impervious core) يستمر متصلاً ابعد من مقدم السد ليكون الطبقة الصماء ويمتد لمسافة 1740 متر. ان انشاء مثل هذه الطبقة ضروري للسيطرة على الرشح التحتي(under seepage) اي تسرب المياه من الخزان الى طبقات الارض التحتية، حيث ان طبيعة التربة تحت الخزان تتكون من ترسبات من الحصو والرمل الى عمق حوالي 213.5 متر. وانشاء قاطع غير نفاذ (impervious cut -off) في مثل هذه الحالة يعتبر غير عملي بل اشبه بالمستحيل. عليه فان هذه الطبقة الصماء تعتبر اكثر عملياً .

ان نطاقات الكتف التي تغطي جانب مقدم السد معمولة من مواد حبيبية قليلة المسامية (granular) وذات نوعية جيدة. النطاقات ذات البزل الحر تساعد على استقرار جانب مقدم السد عند التفريغ . النطاق الانتقالي (transition) يعتبر لباً حاجزاً ثانوياً. كتف مؤخر السد المحاذي للنطاق الانتقالي يتكون من مواد حبيبية ذات تدرج جيد ومحدولة جيداً وذات انضغاطية قليلة (low compressibility) لتوفير مسند صلد للب الحاجز. الجانب مقدم السد محمي



(الشكل 4-19) مقطع في سد تربلا الرئيسي

بطبقة (rip- rap) ضد فعل الموجات المائية ، اما جانب مؤخر السد فهو محمي ضد التعرية بفعل الامطار بطبقة ذات بزل حر(free drainage). مبزل او مرشحة من نوع المدخنة (chemny drain) منشأة مؤخر النطاق الانتقالي ومرتبطة بطبقة المبزل الافقي وتعمل على قطع كل المياه الراشحة خلال اللب الحاجز والنطاق الانتقالي (وحتى اذا حدث بعض التشقق في هذه الانطقة) لتأمين عدم تشبع كتف مؤخر السد بالمياه الراشحة مما يسبب ضعف في متانة السد.

ان اعلى ارتفاع للسد هو 148 متر وطوله 2740 متر وحجم كلي مقداره (105.3) مليون متر مكعب (الشكل 4-19).

اضافة للسد الرئيسي فان في المشروع سدين اضافيين مساعدين بمقاطع مشابهة في تكوينها وهيئتها للمقطع للسد الرئيسي.

الانفاق (tunnels)

هناك اربعة انفاق (T_1, T_2, T_3, T_4) نفذت عبر الصخور في الجانب الايمن . تستعمل اولاً لتحويل المياه خلال المرحلة الاخيرة من الانشاء ، ثم تستعمل اخيراً لتوليد الطاقة واغراض الري. هذه الانفاق تختلف في اطوالها من 732 متر الى 823 متر وقطرها الداخلي يصل الى 13.25 متر، ومسارها يمر في خط منحن حول نهاية السد الرئيسي (الشكل 4-18).

عندما يغلق سد الدعامة (Buttressdam) تستعمل الانفاق الاربعة لتحويل مياه النهر حيث يبدأ العمل بتنفيذ السد الرئيسي بجزءه الواقع مؤخر سد الدعامة مباشرة . الانفاق T_2 و T_1 سوف تستعمل لتوليد الطاقة . بينما تستعمل T_4 و T_3 لاطلاق المياه لاغراض الري.

كل الانفاق الاربعة تبطن بالكونكريت حتى موقع ابوابها الرئيسية في منتصف النفق ثم تبطن بالحديد (Steel) اعتباراً من مؤخر ابوابها الرئيسية حتى نهايتها عند نهاية نصفها الثاني واتصالها بمحطة توليد الطاقة.

محطة الطاقة (Rower house)

ثلاثة من الانفاق الاربعة تجهز المياه الى توربينات (turbines) توليد الطاقة. ان تبطين كل نفق بالحديد يمتد الى انبوب حديدي (steel penstock) ومن ثم يتشعب هذا الانبوب على شكل حرف y ليكوّن فرعين كل منهما ذو مقطع مستطيل وليس دائري (Rectangulor conduit) عرضه 4.87 متر وارتفاعه 7.31متر. وكل واحد من هذين الممرين (conduits) يتفرع ثانية الى انبوبين موزعين (distributas conduit) وبذلك يصبح العدد الكلي للانابيب الموزعة إثني عشر انبوباً حيث تتألف محطة تولي الطاقة من اثني عشر توربين من نوع: (175 Mw Fransis turbine) . تجهز التوربينات بصمامات قطر 487.5 سنتيمتر للسيطرة على المياه الداخلة اليها (Inlet control valves) كما تجهز بصمامات قمعية الشكل مخفّضة نوع (cone dispersion by - passvalves) قطر 244سم. تنشأ قاعة من الكونكريت بابعاد 137 متر × 55 متر لمحطة الطاقة (التوربينات وملحقاتها). اما المولدات (generators) فهي ذات سرعة دوران تصحيحية مقدارها 136.4 دورة / دقيقة . والمحدلات عدد 12 نوع (71MVA) تثبت في شرفة فوق منافذ التوربينات (outlets) امام القاعة الكونكوريتية ومربوطة بلوحة مفاتيح (out door switchyard) .

الفشل الكبير في المشروع عام 1974(Major structured failure)

خلال سنة 1974 . انهار 60 متر طول من الممر الانبوبي (conduit) الذي يربط المأخذ (intake) بالبوابة الرئيسية حيث يدخل النفق في الكتف الايمن من السد الرئيسي (The right abutment) وتم جرف (390000) متر مكعب من كتف السد خلال هذا النفق، وسبب ذلك زيادة في الجريان خلال المنافذ الاخرى، كما ان منشا السيطرة للنفق الثاني جرف الى الخارج . وسبب ايضاً تآكلاً كبيراً في الانفاق T3 و T4 .

تماماً قبل منتصف ليلة 21 اب 1974 بدأ النفق T3 بتصريف مياه بزيادة من التصريف العادي البالغ (1000) م^3/ث الى (4000) م^3/ث مسبباً انفجارات مائية هائلة في المنطقة مؤخر المنفذ.

تقرر بعد ذلك (بنصيحة من فريق من الخبراء العالميين) تخفيض منسوب المياه في الخزان للتوسع في دراسة مقدار الدمار الحاصل والاصلاحات الواجب القيام بها لازالة اثار ذلك الدمار.

من جملة المقترحات هو املاء الكهوف الكبيرة والتآكل والانهيارات التي فوق وحول جزء النفق T2 المنهار والذي بطول 60 متر في المقدم. حيث يتم الاملاء بما يقدر بـ (350000) متر مكعب من الكونكريت نوع (rollcrete or dry lene con) . ان طول 61 متر من النفق T2 التي تم اصلاحها اصبح قطرها 11 متراً بدلاً من 13.250 متراً وتعمل كانبوب داخلي ضمن هذا الطول.

الفصل الخامس

السداد الترابية

5-1 مقدمة

يقصد بالسداد الترابية السداد التي يكون معظم او جميع مادتها الاولية من التراب وتاخذ شكل شبه المنحرف وتنشأ على طول ضفتي الانهار الكبيرة والمبازل او تحيط بالخزانات والبحيرات الطبيعية او الاصطناعية لغرض زيادة استيعابها للمياه والحيلولة دون طغيان المياه الى خارجها.

وبصورة عامة تستعمل السداد الترابية (levees) لحجز المياه او خزنها او جرها الى اماكن معينة ولأغراض درء الفيضان او الخزن لاغراض اخرى.

وتعتبر السداد الترابية من أهم المنشآت الواقية من الفيضان واوسعها انتشاراً وأقلها كلفة وايسرها من ناحية التصميم والتنفيذ والصيانة واطولها عمراً. وسوف نتعرض لها بشيء من التفصيل في هذا الفصل.

5-2 المعلومات الاولية

يجب أن تجمع المعلومات الضرورية لكافة مراحل العمل في انشاء السداد الترابية مثل المعلومات الخاصة بمسار السداد والخاصة بتصميم المقطع للسداد، والمعلومات عن المواد الاولية نوعيتها ومقالعها...الخ. ويجب ان تتضمن تلك المعلومات ما يلي:

1- طوبوغرافية المنطقة: يستلزم اجراء مسح شامل لضفاف الانهار او القنوات او الخزانات والبحيرات المراد انشاء السداد الترابية لها واعداد الخرائط توضح الخطوط الكنتورية للمنطقة وتبين كافة المعالم الرئيسية في المنطقة كالتلال والوديان والمنخفضات والتجمعات السكنية والصناعية ونوع الغطاء النباتي وكثافته، وتفرعات الانهار وشبكات الري والبزل وكافة المنشآت التي يمكن ان تعترض مسار السداد.

ان مقياس الرسم المناسب والعملي لمثل هذه الخرائط هو 1:2500 وان الدقة في القياس اثناء العمل في المنطقة تعتمد على مقياس الرسم وفي مثل مقياس الرسم المذكور اعلاه تثبت المسافات على الخارطة لاقرب نسبة ويجب ان لا تزيد على 1٪ من مقياس الرسم.

تؤخذ مقاطع عرضية على طول المسار المقترح لانشاء السداد بمسافات بينية لا تزيد على 150-200 متر بين مقطع وآخر ويتم تكثيف المقاطع بتقليل المسافة بينها كلما لوحظ تغيير في طوبوغرافية المنطقة كما يجب رصد مقطع عند كل تغيير مفاجيء في طبيعة مسار السداد . ويجب ان يبدأ المقطع من حافة النهر او الخزان ويمتد لمسافة مناسبة تغطي كافة المواقع المحتملة لمسار السداد.

2- هيدرولوجية المنطقة: وتشمل تصاريف الانهار ومناسيب المياه اليومية والشهرية المتوفرة لاطول فترة ماضية ويفضل ان لا تقل عن 30 سنة ماضية يعرف من خلالها أعلى تصريف او منسوب وصلت اليه المياه في تاريخ المنطقة او المتوقع خلال الفترات القادمة. كما تشمل المعلومات الهيدرولوجية مقدار الاستهلاك السنوي او الشهري البشري والصناعي والزراعي ومقدار الفائض منها ونوعية المياه خلال السنة. ويفضل ان تشمل المعلومات الهيدرولوجية معدل الترسب في الانهار والخزانات ونوعيته وامكانية الاستفادة منه في انشاء السداد الواقية.

3- القيمة الاقتصادية لكل موجودات المنطقة المراد انشاء السداد الترابية فيها بما في ذلك الاراضي الزراعية المحاذية للانهار والتي يمكن أن تغمر بالمياه اثناء موسم الفيضان والاراضي التي تتضرر نتيجة تسرب المياه تحت وخلال السداد الترابية عند ارتفاع منسوب المياه في الانهار والخزانات والبحيرات.

ويستفاد من كل ما تقدم جمعه من المعلومات آنفة الذكر لتوظيفها وتحليلها للحصول على أفضل مسار ومقطع للسداد الترابية ذي فعالية جيدة في درء الفيضان وبأقل كلفة ممكنة، بحيث يثبت مسار السداد في المناطق المرتفعة لتقليل الكميات الترابية المطلوبة. ويجب تحاشي المرور على المنشآت ذات القيمة الاقتصادية العالية وتجنب المرور في المنخفضات التي تحتاج الى املاءات ترابية كبيرة.

4- اجراء فحوصات مختبرية لنماذج التربة التي تنشأ عليها السداد الترابية لمعرفة مدى ملائمتها لتحمل السداد ومدى مقاومتها لرشح المياه خلالها الى خارج النهر او الخزان. حيث يوضع المسار في المناطق الاكثر قوة والاقل نفاذية لتقليل الاضرار الناتجة من رشح المياه وضائعاتها اضافة الى تجنب نفوذ المياه تحت السداد التي يؤدي الى انهيارها وضعفها في كثير من الاحيان.

3-5 المواد الاولية لانشاء السداد الترابية

تعتبر طبيعة المواد الاولية التي تنشأ منها السداد من العوامل الرئيسية في استقرارية جسم السداد الذي يعتمد على قوة القص وزاوية الاحتكار الداخلي للتربة ولزوجتها. وبالرغم من ان التربة الخشنة القوام كالرمل والحصو تعتبر جيدة من حيث قوة احتكاكها ومقاومتها جهد القص (Shear stress) الا انها لا تمتلك لزوجة والتصاق ولا يمكن استعمالها منفردة في السداد، عليه يجب خلطها بالطين بنسب معينة لشد اجزائها مع بعضها البعض. واذا كانت التربة طينية يجب اضافة الرمل بنسب معينة تكفي لتحسين صفات التربة بالتقليل من تصدعها وانتفاخها عند تعرضها لعمليات التشبع بالمياه والجفاف الذي يليه. اذ ان التربة الطينية تنتفخ عندما تلامس الرطوبة وتتقلص وتتفطر عند الجفاف، الا ان النسبة العالية من الرمل في التربة تؤدي الى نفاذية عالية للمياه مما يؤدي

الى ضعف السداد او انهيارها ، لذا يجب ان يكون تركيب التربة المكونة للسداد عديم النفاذية أو ذا نفاذية قليلة جداً اضافة لمقاومته الانزلاق.

ان التربة التي تحتوي على أفضل النسب من الرمل والغرين والطين تكون أكثر الترب استقراراً. الا ان مثل هذه التربة المثالية نادراً ما تتوفر، ويتطلب الامر اضافة بعض المواد لتحسين خواص التربة.

4-5 فحص التربة لانشاء السداد

يمكن اجراء فحوصات حقلية للتربة التي ستكون اساساً لانشاء السداد عليها. فاذا اريد فحص نفاذيتها يمكن عمل حفرة اسطوانية الشكل بعمق متر أو اقل أو أكثر حسب دقة العمل المطلوبة تحت القشرة الخارجية للتربة وتبطن سطوحها الداخلية بالطين (clay) لمنع التسرب المياه من الجوانب وضمان عدم انهيار وتساقط التربة الجانبية. ثم تملأ تلك الحفرة بالماء والتأكد من أن تسرب المياه سيكون من قعر الحفرة فقط وفي جميع الحالات يجب ان تبقى الحفرة مملوءة بالماء لمدة 24 ساعة قبل حساب معدل التسرب لضمان تشبع التربة الجانبية بالمياه، وتكرر التجربة في اماكن متعددة من الموقع المقترح لانشاء السداد ومن ثم يتم اختيار اقل الاماكن نفاذية ويمكن حساب معدل التسرب الجانبي بنفس الطريقة بعد تبطين قعر الحفرة بالطين وترك جوانبها دون تبطين على طبيعتها عند ذاك سيكون الرشح افقياً فقط.

اما التربة التي سيتم انشاء السداد منها فيمكن فحص قابليتها لمقاومة التشبع بالمياه وذلك بعمل كرات من التربة بقطر 4 أو 5 أنج. وتغمر في ماء راكد بعمق 2-1.5 قدم. ان التربة الجيدة سوف تقاوم التشبع لمدة ايام بينما لا تقاوم التربة الضعيفة وتتفتت الى قطع صغيرة خلال عدة ساعات بعد غمرها بالماء، ويجب ملاحظة انه عند عمل هذه الكرات يتم عجن التربة باليدين جيداً حتى

تصبح قوية ومطاطية قبل تشكيل الكرات منها، كما يجب الانتباه الى ان فحص التربة القوية وهي يابسة لا يعطي فكرة عن مدى قوتها لانها ستتفتت الى قطع صغيرة حالما تغمر بالمياه بعد امتصاصها لها وانما يتم الفحص لكرات معمولة من عجينة التربة التي يراد فحصها.

5-5 التربة المستقرة للسداد

عندما توجد تربة خشنة من خليط من الحصو المدرج والرمل وتحتوي عل نسبة من الطين تتراوح بين 25-30٪ والتي ستعطي مقاومة جيدة للمياه عند تصلبها فانه لا حاجة لتنفيذ جدار داخلي (core wall) لمنع تسرب المياه خلال السداد التي تنشأ من هكذا نوع من التربة.

ان خليط من نسبة 25 -35٪ حصو او رمل والمتبقي من تربة مزيجية او خليط من جزء طين الى جزء من الرمل والحصو سيعطي سدة متماسكة وجيدة. وبصورة عامة فان النسب التالية تعطي سداداً ذات مقاومة جيدة للمياه.

Sand (0.02-2.0) mm	60 to 80% by weight
Silt (0.002-0.02) mm	12 to 25% by weight
clay (below 0.002) mm	8 to 15% by weight

ان الترب ذات المواصفات اعلاه تعتبر تربة مستقرة . وإذا لم تتوفر تربة طبيعية تطابق مواصفاتها المواصفات المذكورة فانه من الممكن عمل تربة مستقرة جيدة بخلط 70٪ رمل مع 30٪ طين (أو غرين وطين معاً) . وإذا اريد ادخال نسبة من الحصو او كسر الحجر فإن النسب تكون كما يلي:

Sand 50%
clay 17%
Aggregate 33%

ويجب ان تكون قطع الكسر $\frac{1}{2}$ إنج فما دون وذات تدرج جيد.

كما يمكن عمل تربة جيدة من الخليط التالي:

Coarse gravel	50%
Fine gravel	20%
Sand	9%
clay	21%

اذا تعذر عمل اي من التركيبات السابقة للحصول على تربة جيدة لانشاء السداد عند ذلك يستوجب إقامة جدار داخلي غير نفاذ للمياه في حجم السدة . (Core wall)

إن التربة الطينية عندما تكون في الأجزاء الداخلية المحصورة من جسم السداد فانها ستكون ليس فقط عديمة النفاذية وانما تحافظ على نسبة الرطوبة المتصة. وان الطين النقي في قلب السداد الكبيرة ذات التربة المطاطية يحتفظ بالرطوبة ويبقى بلاستيكياً او مطاطي القوام حتى في الاجواء الجافة جداً ولمدة سنة أو سنتين وحتى عند عدم وجود مياه متاخمة للسداد خلال تلك الفترة.

ان الاتربة المستعملة للسداد يجب ان لا تؤخذ من المقالع المعرضة للاملاح. وعدم استعمال الاتربة الحاوية على المواد العضوية كسيقان الاشجار أو جذورها.

التربة التي تستعمل للاجزاء وجوانب السداد المعرضة للمياه يجب ان تكون من افضل الانواع المتوفرة وان تكون غنية بمادة الطين لتكون قليلة النفاذية، ولكن عدم زيادة نسبة الطين الى درجة كبيرة تؤدي الى تصدع وتفطر جسم السداد عند تعرضها للشمس . وقدر الامكان يجب ان تكون المواد المستعملة في انشاء السداد من نفس النوعية على طولها . والاتربة ذات النسب العالية من الرمل او الحجر يجب ان تستعمل للجانب الخارجي من السداد وليس في الجانب المواجه للمياه.

6-5 اختيار مسار السداد

ان المسار الملائم للسداد الجانبية للانهار او غيرها يعتمد بدرجة كبيرة على خبرة المهندس من ناحية وعلى خواص النهر وسلوك جريانه ومقدار التصريف المار به من ناحية اخرى، خاصة اذا كانت هناك ميول لتغيير مجرى النهر بين فترة واخرى نتيجة التآكل وحدوث الكسرات في اكتاف النهر اثناء الفيضان. ان اقتراب السداد من مجرى النهر يعرضها للتآكل والتعرية وعدم صمودها لفترة طويلة، في حين ان ابتعادها عن حافة النهر يساعد على تخفيض منسوب مياه الفيضان وجعله اقل مما لو كانت قريبة من حافة النهر. الا ان بعدها عن الحافة يزيد في ضائعات الاراضي الزراعية المحاذية للنهر والتي غالباً ما تكون ذات قيمة اقتصادية كبيرة.

يجب ان يكون مسار السداد مستقيماً قدر الامكان متجنباً الزوايا الحادة، والاماكن العالية هي المفضلة لانشاء السداد، ويجب الحذر من مرور السداد على الترب الرملية والطينية المتصدعة والمعرضة للاملاح وذات النسب العالية من المواد العضوية او الهشة.

من الضروري في بعض الاماكن انشاء خطين من السداد الواقية وذلك عندما يكون الخط الاول المواجه للمياه معرضاً لخطر الانكسار والفشل نتيجة التآكل او ضعفه لاي سبب كان. كما تكون الحاجة ضرورية للخط الثاني من السداد عندما تكون المنطقة القريبة مهمة جداً وان تعرضها للفيضان يؤدي الى خسارة كبيرة يصعب تعويضها.

يجب ان يوضع في الحسبان انه لا توجد سدة ترابية محكمة تصمد امام التآكل وموجات الفيضان غير المتوقعة الى درجة الاطمئنان والامان المطلق، عليه لا بد من وضع خطة جاهزة مع كل مستلزماتها والامكانيات اللازمة تحت اليد تنفذ حالاً عند الطوارىء.

7-5 الموازنة بين ارتفاع السداد وبعدها عن حافة النهر

من المعلوم ان مقدار استيعاب النهر أو الخزان للمياه يتناسب مع ارتفاع السداد وبعدها عن حافة النهر. فان الزيادة في ارتفاع السداد سيزيد عن سعة استيعابه كما ان زيادة بعد السداد عن حافة النهر تزيد من سعة استيعابه، هذا من ناحية، ومن ناحية اخرى فان ابتعاد السداد عن حافة النهر يؤدي الى الهدر في الاراضي الزراعية المجاورة لحافة النهر والتي غالباً ما تكون ذات قيمة اقتصادية كبيرة، كما ان اقتراب السداد من حافة النهر يتطلب زيادة في ارتفاعها لتأمين التصريف المطلوب وان الزيادة في الارتفاع تعني زيادة في الكميات الترابية المطلوبة لانشاء السداد وبالتالي زيادة الكلفة.

اذن لا بد من اجراء موازنة بين ارتفاع السداد وبين بعدها عن حافة النهر لايجاد اقل ارتفاع واقل بعد يؤمنان أعلى تصريف او منسوب متوقع. وتتم طريقة الحساب هذه بمحاولة افتراض عدة ارتفاعات وابعاد للحصول على اقل كلفة اي بطريقة الصح والخطأ (trial and error) ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي:

مثال 5-1:

نهر اعلى تصريف فيضان متوقع فيه Qp= 50000 قدم3/ث ومساحة مقطع النهر Ar = 2050 قدم مربع، ميل سطح الماء S= 0.002 وعرض النهر عند سطح الماء = 152 قدم، المحيط الرطب (Wetted parameter) P=156 قدم، معامل الخشونة لمجرى النهر nr = 0.03، معامل الخشونة لمجرى الفيضان (شواطيء النهر) nL = 0.05، قيمة الأرض الزراعية عند الشواطيء للفدان (acre) = 1000 دولار/ايكر، كلفة القدم المكعب من السداد 0.05 دولار .

احسب ارتفاع السداد وبعدها عن حافة النهر اللذين يعطيان اقل كلفة

لاستيعاب التصريف المتوقع، اعتبر ارتفاع السدة الحر (Free board) = 3 متر، عرض السداد من الأعلى = 15 قدم. وميل جوانبها = 3:1.

الحل:

نفرض عدة ارتفاعات للسداد ونحسب ما يقابلها من بعد السداد عن حافة النهر($B_R + B_L$).

1- نفرض ارتفاع السداد 13 قدم (كمحاولة اولى). وبما ان ارتفاع السداد الحر (Free board) هو 3 متر. $\therefore$ $H_1 = 13-3 = 10$ قدم.

مساحة مقطع النهر قبل الفيضان $Ar = 2050$ قد^3.

مساحة مقطع النهر اثناء الفيضان $Af = 2050 + 152 \times 10 = 3570$ قد^2.

$\therefore$ نصف القطر الهيدروليتي $R_r = \frac{A}{P} = \frac{3570}{156} = 22.88$ قدم.

وباستعمال معادلة chezy: $\vartheta = c\sqrt{RS}$

ومعادلة Kutter:

$$C = \frac{41.6 + \frac{1.811}{n} + \frac{0.00281}{s}}{1 + (41.6 + \frac{0.00281}{s})\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

$$\therefore \vartheta r = \frac{41.6 + \frac{1.811}{0.03} + \frac{0.00281}{0.0002}}{1 + (41.6 + \frac{0.00281}{0.0002})\frac{0.03}{\sqrt{22.88}}} x\sqrt{22.88 \text{ x } 0.0002}$$

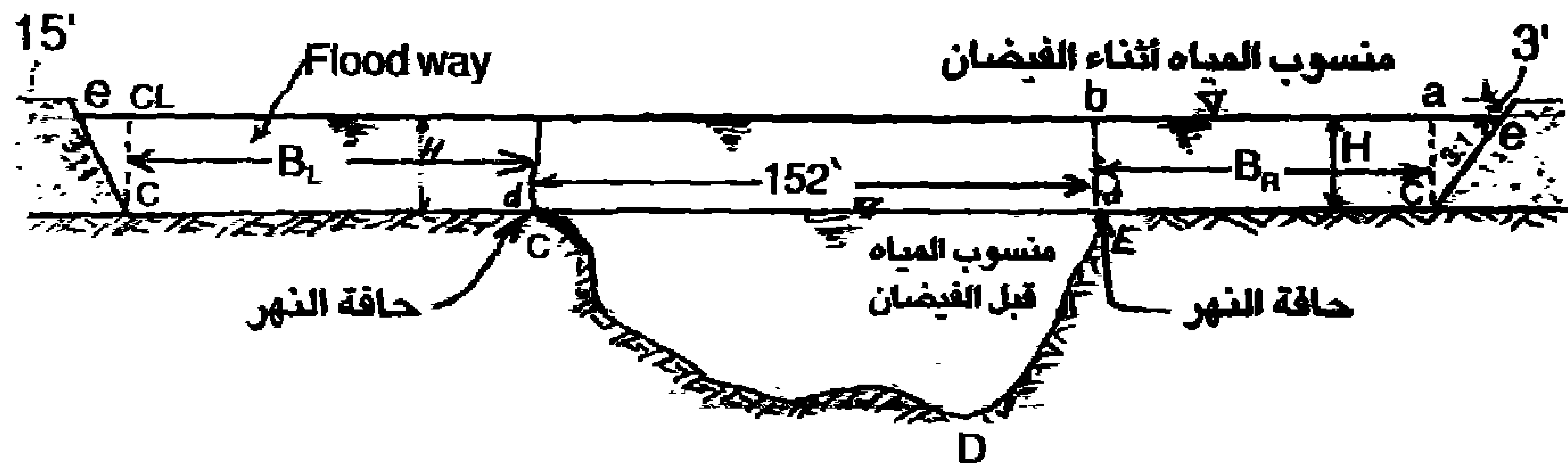
$= 5081$ fps

$Qr = Vr, Ar = 5.81x3570 = 20790$ cfs

وعليه فإن التصريف الاضافي Q_L سيكون: $Q_L = Q_p - Q_r =$

$\therefore Q_L = 50000 - 20790 = 29210$ cfs

المساحة الاضافية (A_L) التي تكفي لاستيعاب التصريف الاضافي Q_L تساوي مجموع المساحتين لشاطيء النهر من كل جهة. اي ان $A_L =$ area of (abdc) x2



الشكل (1-5) حساب ارتفاع وبعد السداد عن حافة النهر

أي ان: $A_L = H_1 (B_L + B_R)$

واهملت المساحة الممثلة بالمثلثين (eac) على جانبي النهر لصغرها وقلة التصريف فيها حيث ان سرعة المياه في هذا الجزء تقترب من الصفر.

$B = B_L + B_R$ و $A_L = H_1 B,\ P = B = B_L + B_R$

$$R = \frac{A}{p} \quad \therefore R_L = \frac{BH_1}{B} = H_1$$

نستخرج سرعة الجريان في مجرى الفيضان (V_L) عندما يكون $n_L = 0.05$ $s = 0.0002$ $R = H_1 = 10$ قدم باستعمال معادلتي Kutter , chezy فتكون : $V_L = 2.186$ fp^2.

$$A_L = \frac{Q_L}{V_L} = \frac{29210}{2.186} = 13362\ ft^2$$

$$A_L = BH_1 \quad \therefore B = \frac{A_L}{H_1} = \frac{13362}{10} = 1336'$$

مساحة الارض المستغلة لمجرى الفيضان بطول ميل واحد = $\frac{5280 \times 1336}{43560}$

= 161.939 ايكر ≃ 162 ايكر

∴ كلفة الارض اعلاه = 162 × 1000 = 162000 دولار

مساحة مقطع السداد عند ارتفاع 13 قدم وميل الجوانب 1:3 وعرضها من الأعلى 15 قدم سيساوي = $\frac{39 \times 2+15+15}{2} \times 13 = 702$ قد^2

حجم ميل واحد من السداد لجانبين = 2×702×5280 = 7413120 قد^3.

كلفة حجم السداد اعلاه = 7413120 × 0.05 = 370656 دولار

∴ الكلفة الكلية = 162000 + 370656 = 532656 دولار

2- وبنفس الطريقة تحسب الكلفة لارتفاع السداد 14 قدم حيث تكون النتائج كما يلي:=

$A_r = 3722\ ft^2$, $V_r = 5.97$ fps,

$R_r = 23.859$ ft , $Q_r = 22231$ cfs,

$Q_L = 27769$ cfs , $V_L = 2.343$ fps

$A_L = 11850\ cf^2$, $B = 1077$ ft

∴ مساحة ميل واحد من مجرى الفيضان = 130.545 أيكر.

∴ كلفة الارض المستغلة للفيضان = 130.545 دولار.

عند ارتفاع 14 قدم فان مساحة مقطع السداد = 798 قدم^2

حجم ميل واحد من السداد لجانبين = 8426880 قدم^3

∴ كلفة السداد = 421344 دولار.

∴ الكلفة الكلية = 421344 + 130545= 551889 دولار.

نظراً لازدياد الكلفة بزيادة الارتفاع الى 14 قدم عليه يترك هذا الارتفاع ونجرب ارتفاعات اقل من 13 قدم وليس اكثر منه.

3- نفرض ارتفاع السداد 12 قدم، ستكون نتائج الحسابات كما يلي:-

$A_r = 3418\ ft^2$, $R_r = 21.91\ ft$,

$V_r = 5.66\ fps$, $Q_r = 19349\ cfs$,

$Q_L = 30651\ cfs$, $V_L = 2.022\ fps$,

$A_L = 15158\ ft^2$, $B = 1684\ ft$

كلفة الأرض = 204121 دولار.

كلفة السداد = 323136 دولار.

مجموع الكلفة = 527257 دولار.

يلاحظ ان الكلفة الكلية تقل عند استعمال ارتفاعات اقل وهذا يشجع على ان نجرب ارتفاعاً آخر اقل لنرى مقدار الكلفة.

4- نفرض ارتفاع السداد 11 قدم ، ستكون النتائج كما يلي:-

$A_r = 3266\ ft^2$, $R_r = 20.94\ ft$,

$V_r = 5.50\ fps$, $Q_r = 17966\ cfs$,

$Q_L = 32034\ cfs$, $V_L = 1.85\ fps$,

$A_L = 17293\ ft^2$, $B = 2162\ ft$

كلفة الأرض = 262060 دولار.

كلفة السداد = 278784 دولار.

مجموع الكلفة = 540844 دولار.

يلاحظ ان الكلفة الكلية في هذه الحالة قد زادت، عليه نستنتج بان ارتفاع السدة عندما يكون 12 قدماً هو الأكثر اقتصادياً يقابله بعد السداد عن حافة النهر بمقدار B= 1684 قدماً أي 842 قدماً من كل جانب.

8-5 ارتفاع السداد الحر (Free board):

ويقصد به ارتفاع السداد فوق اعلى منسوب تصله المياه امام تلك السداد. ويتراوح عادة بين 2 قدم للسداد الصغيرة والمتوسطة الى 5 قدم للسداد الخاصة بالانهار والخزانات الكبيرة، ويختلف هذا الارتفاع حسب اهمية السداد واحتياطات او شروط الامان الضرورية وعلى ارتفاع الامواج التي تعتمد بدورها على عمق وطول البحيرة او الخزان او مقطع النهر اضافة إلى سرعة واتجاه الرياح. حيث ان الرياح العنيفة يمكن ان تسبب امواجاً يتراوح ارتفاعها من 10–15 قدم.

اما فوائد ارتفاع السداد الحر (Free board) فهي:–

1– حماية السداد من طغيان المياه فوقها نتيجة الامواج او زيادة المنسوب .

2– استيعاب مناسيب اضافية غير متوقعة.

3– التعويض عن اي نزول أو هبوط لمستوى السداد نتيجة انضغاط التربة المكونة لها او التربة الاساسية.

4– يمكن ان يكون جزء السداد الواقع فوق سطح الماء خزيناً احتياطياً للكميات الترابية الضرورية في اوقات الطوارئ.

9-5 عرض السداد من الأعلى (Top width):

إن أقل عرض للسداد الترابية من الأعلى هو 6 قدم لارتفاع 15 قدماً فما دون ويزداد الى 12 قدماً لارتفاع يصل الى 50 قدماً. ويمكن الاستفادة من المعادلتين الآتيتين لحساب عرض السداد من الأعلى بالقدم:

$$W=\frac{H}{5}+5 \quad \text{أو} \quad W=\sqrt{2H}+3$$

حيث إن H= ارتفاع السداد بالقدم و W = عرضها بالقدم.

عندما يكون عرض السداد من الأعلى قليلاً نسبياً فان ميل جانب السدة المواجه للأرض اليابسة يجب ان يكون بانحدار قليل لتغطية خط الاشباع في جسم السداد للحيلولة دون نفوذ المياه من جانب السداد. ان زيادة عرض السداد الترابية من الاعلى له عدة فوائد منها امكانية تعلية السداد من نفس التربة المكونة لها من اكتافها الخارجية وذلك في حالات الطوارئ واعتباره خزيناً احتياطياً لغلق الفتحات او الكسرات التي قد تحدث اثناء موسم الفيضان.

من الضروري اعطاء السطح العلوي للسداد ميلاً قليلاً لبزل مياه الامطار المتساقطة عليها الى جانب الارض المجاورة وليس الى جانب المياه.

10-5 الميل الجانبي للسداد الترابية(Side Slopes):

يعتمد ميل جوانب السداد الترابية على طبيعة المواد المستعملة في انشائها واستقرارية تلك المواد تحت الظروف المختلفة من الاشباع بالمياه والجفاف ومقاومتها لرشح المياه والانزلاق.

ان استقرارية التربة تعتمد على سهولة وسرعة بزل المياه المتجمعة بين اجزائها. حيث ان التربة الرطبة اكثر استقرارية من التربة المشبعة بالمياه.

كلما ازداد ارتفاع السداد يجب ان يكون ميل الجوانب اكثر انبساطاً. وعلى أية حال فان ميل الجوانب يجب ان يكون في كل الاحوال اقل من زاوية ميل التربة (Angle of Repose) في حالتها الطبيعية قبل حدلها او ترطيبها. كما يجب ان يغطي الميل جميع خط الاشباع (Saturation line).

اما بالنسبة لميل الجانب المواجه للمياه فيجب ان لا يقل عن زاوية ميل التربة (Angle of Repose) وهي رطبة. ان التربة بصورة عامة تتعرض لخطر الانزلاق عند مواجهتها للضغط وهي مشبعة بالمياه. ويكون الميل الاكثر انبساطاً ضرورياً للجانب المواجه لليابسة لتغطية خط الاشباع والابقاء دوماً على جزء من جسم

السداد فوق خط الاشباع لضمان عدم رشح المياه من خلال جسم السداد وانهياره، وتعتبر السداد امينة عندما يغطى خط الاشباع بعمق 2 قدم من التربة على الاقل. ويمكن زيادة استقرارية جوانب السداد باضافة مواد قوية وثقيلة كالحجر او الحصى الخشن على طول ذنائب الجوانب للسداد. ويمكن زيادة عامل الامان ضد الانزلاق بدق صفائح معدنية في ذنائب ميل السداد، كما تستعمل النباتات الطبيعية بزراعتها على جوانب السداد لانها تعمل على تخفيض نسبة الرطوبة فيها كما ان شبكة جذورها داخل جسم السداد تعمل كتسليح ضد الانزلاق والتصدع.

ان اضافة طبقة ذات سمك مناسب من التربة القوية والمتماسكة فوق جوانب السداد يزيد من استقرارها ومقاومتها لعوامل الانزلاق والتعرية. وهناك الكثير من الطرق لزيادة استقرار جوانب السداد تعتمد في معظمها على توفر المواد الاولية وقيمتها الاقتصادية وسهولة تنفيذها ومدى مقاومتها ، وبصورة عامة في معظم انواع الترب ويكون ميل الجوانب من الاعلى 2:1 ومن الاسفل 3:1 وفي الترب الرملية يزداد الميل الى 4:1.

5-11 العوامل المؤثرة في فشل وانزلاق جوانب السداد

ان العوامل التي تؤدي الى فشل وانزلاق جوانب السداد كثيرة ومتنوعة واكثرها خطورة تلك التي تأتي من المياه الراشحة تحت وخلال جسم السداد، اضافة الى انواع الترب المستعملة في انشائها كما ان الشكل الهندسي الخارجي للسداد له اهمية في استقرار السداد ومقاومتها لاسباب الفشل (ميل الجوانب ، ابعاد العرض والارتفاع وعرض القاعدة ... الخ) . ويعتبر محتوى الرطوبة في جسم السداد من العوامل المهمة التي تؤثر على استقرار جوانب السداد، لانه اضافة الى تأثيره على مقاومة التربة للقص والانزلاق وتقليل قوة

الاحتكار فيها فانه يزيد من وزن التربة مضيفاً بذلك قوة تساعد على انزلاق الجوانب وتصدعها. كما ان استعمال السداد لأغراض اخرى غير الفيضان وتحميلها اثقالاً اضافية كمرور العربات والآليات واستعمالها كطرق عامة وخصوصاً عندما تكون ترتبها مشبعة بالمياه فان ذلك يزيد من الضغط المسلط على جسم السداد واسسها.

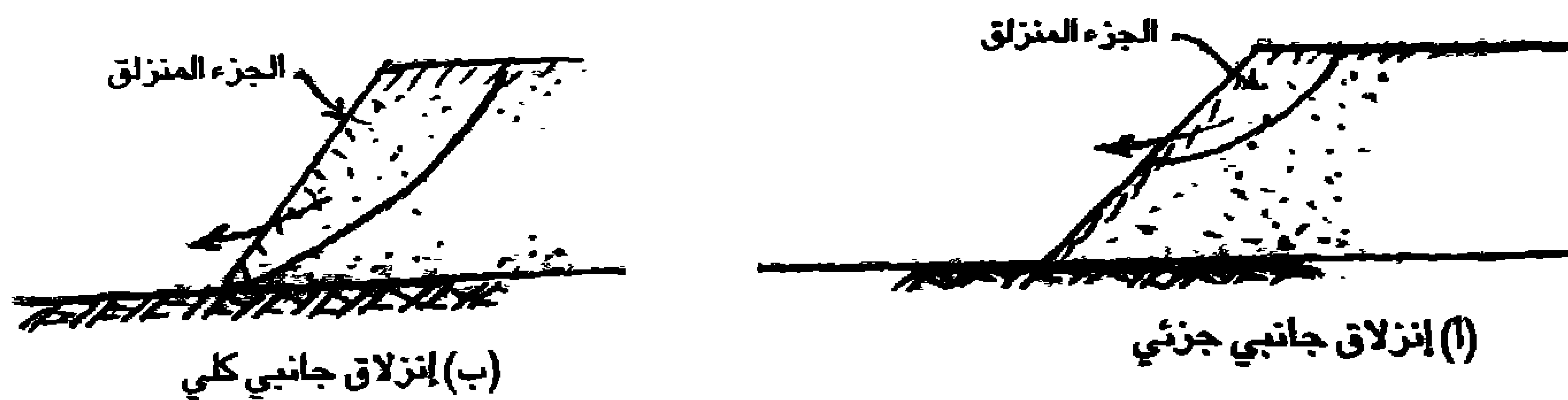
12-5 انواع الفشل والانزلاق وطرق معالجته

يصنّف الفشل في السداد والترابية من حيث شكله وموقعه الى ما يلي:

1- انزلاق جزء يقع أعلى ذنائب الجوانب ولا يصل اليها ويأخذ شكلاً دائرياً (الشكل 5-2- أ) وقد يصل الجزء المنزلق الى نهاية الجوانب (الشكل 5-2-ب) ويسمى هذا الانزلاق بالانزلاق الجانبي.

2- عندما يكون الجزء المنزلق كبيراً بحيث يتجاوز ذنائب الجوانب ويصل الى قاعدة السداد (الشكل 5-2-حـ) ويسمى بفشل القاعدة او الاساس ويحدث مثل هذا الفشل عادة عندما تكون تربة اساس السداد اضعف وأنعم واكثر بلاستيكية من التربة المكونة للسداد.

3- الانزلاق الذي يحدث لجميع جسم السداد ويحدث هذا الانزلاق عندما تنشأ السداد على سطح صلب ومستو ومائل (الشكل 5-2-د).

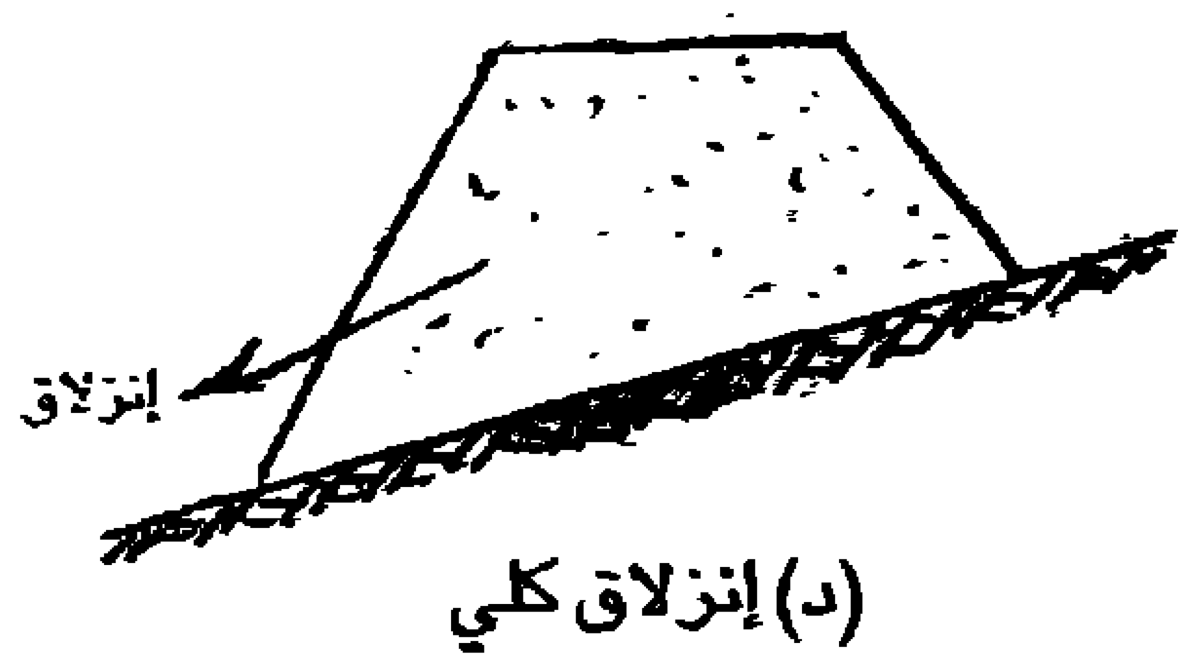


(ا) إنزلاق جانبي جزئي

(ب) إنزلاق جانبي كلي



(جـ) فشل الجانب مع القاعدة



(د) إنزلاق كلي

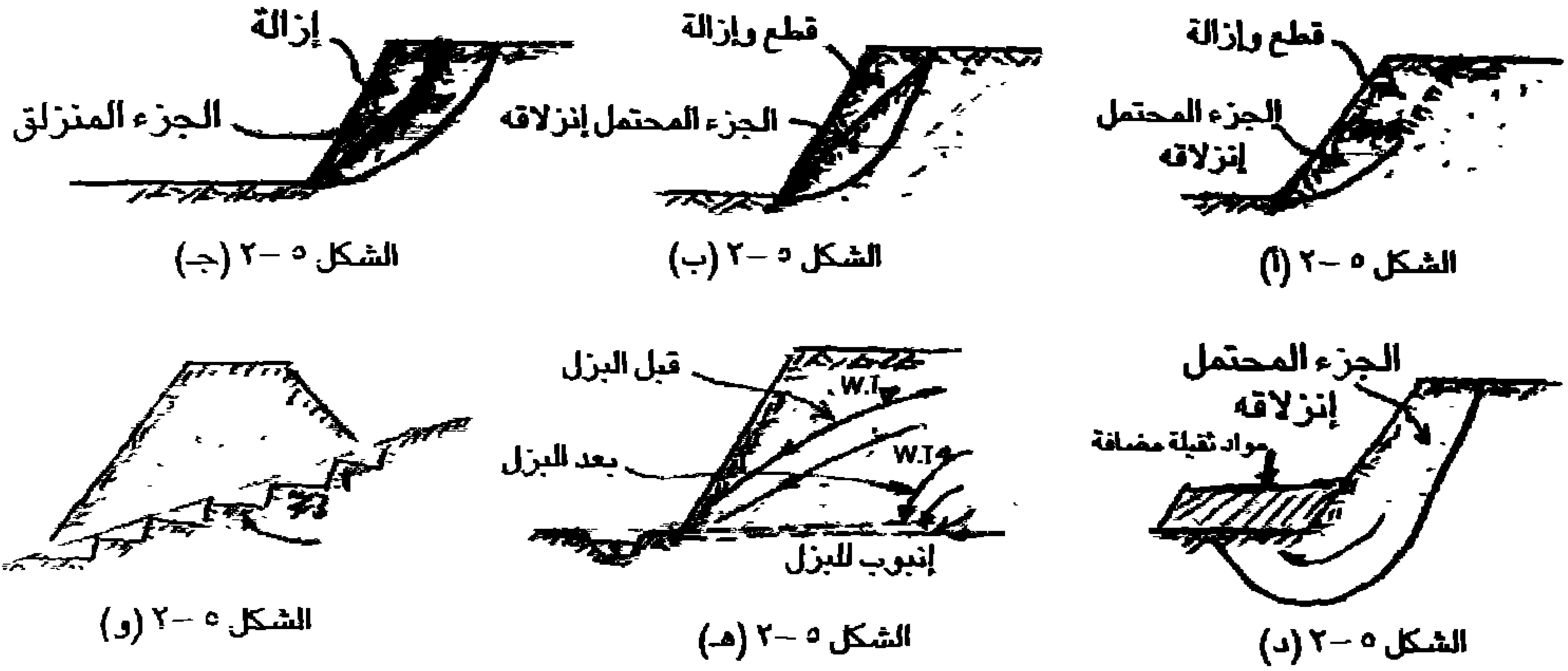
الشكل (5-2) انواع فشل جوانب السداد

أما طرق معالجة تلك الانزلاقات فانها تعتمد على شكل الانزلاق ونوعه . وفيما يلي بعض طرق المعالجة:

1- ازاحة جزء من جسم السداد من الأعلى أو من الجانب لتخفيف الوزن وتقليل زاوية الميل (الشكل 5-3- أ-ب-جـ) وتستعمل مثل هذه المعالجة عندما يكون الفشل في الجوانب فقط.

2- إضافة مواد ثقيلة عند نهاية الجوانب لاسنادها او انشاء جدران ساندة او دق صفائح معدنية (الشكل 5-2-د) وتستعمل هذه المعالجة عندما يشمل الفشل جوانب السداد واسسها معاً.

3- العمل على تصريف جميع المياه التي تتغلغل داخل جسم السداد سواء كانت من المياه المحجوزة او من مياه الامطار والثلوج المتساقطة (الشكل 5-2-هـ) .



الشكل ٥ –٢ (أ) الشكل ٥ –٢ (ب) الشكل ٥ –٢ (جـ)

الشكل ٥ –٢ (د) الشكل ٥ –٢ (هـ) الشكل ٥ –٢ (و)

5- يعالج الانزلاق الكلي من السطوح المائلة بعمل مدرجات لاسس السداد بمقدار (1) عمردي الى (3 أو أكثر افقي) الشكل (5-2- و).

6- اجراء صيانة مستمرة وجيدة لجوانب السداد وسطحها العلوي وتسوية السطح الخارجي وازالة اي تعرجات من شأنها الاحتفاظ بالمياه المتساقطة.

7- مكافحة القوارض والحيوانات البرية التي يمكن ان تتخذ من السداد كمأوى أو قيامها بحفر الاوكار وعمل الثقوب التي قد تخفى عن الناظر.

وعلى أية حال فان الوقاية من الانزلاق خير من معالجتها.

13-5 رشح المياه خلال جسم السداد (Seepage)

عند تصميم السداد الترابية فان من الامور المهمة التي يجب اخذها بنظر الاعتبار هو المياه الراشحة خلال جسم السداد الى الجانب الاخر مما يضعف استقراريتها.

وخصوصاً المياه التي ترشح من الجانب المواجه لليابسة حيث تؤدي الى دفع دقائق التربة الى الخارج باستمرار.

عليه يجب حساب مقدار المياه الراشحة وتعيين خط الاشباع الذي يمثل السطح الاعلى للمياه الراشحة ونقطة تقاطع خط الاشباع مع سطح التربة سواء في جانب السداد أو في تربة الاساس. والعمل على حماية جزء جانب السداد الذي يقع تحت نقطة تقاطع خط الاشباع مع السطح الجانبي وحمايته من الانزلاق والاندفاع الى الخارج.

نفرض انه طلب حساب مقدار المياه الراشحة خلال جسم السداد المبين مقطعه في الشكل (5–3) ونفرض ان السداد متجانسة التربة وذات نفاذية مقدارها (K m/sec) وان السداد منشأة على تربة غير نفاذة.

ان الخط المنحني (ab) يمثل خط الاشباع. وفي نقطة b على جانب مؤخر السداد يتقاطع خط الاشباع مع سطح جانب السداد ويخرج منها والارتفاع bc=h هو ارتفاع نقطة التقاطع فوق اساس السدة الغير نفاذ.

ان ميل خط الاشباع $(i) = -\frac{dy}{dx}$

ويمكن اشتقاق معادلة تصريف المياه الراشحة باستعمال قانون دارسي (Darcy) حيث V = سرعة الرشح $V= Ki = K\left(-\frac{dy}{dx}\right)$

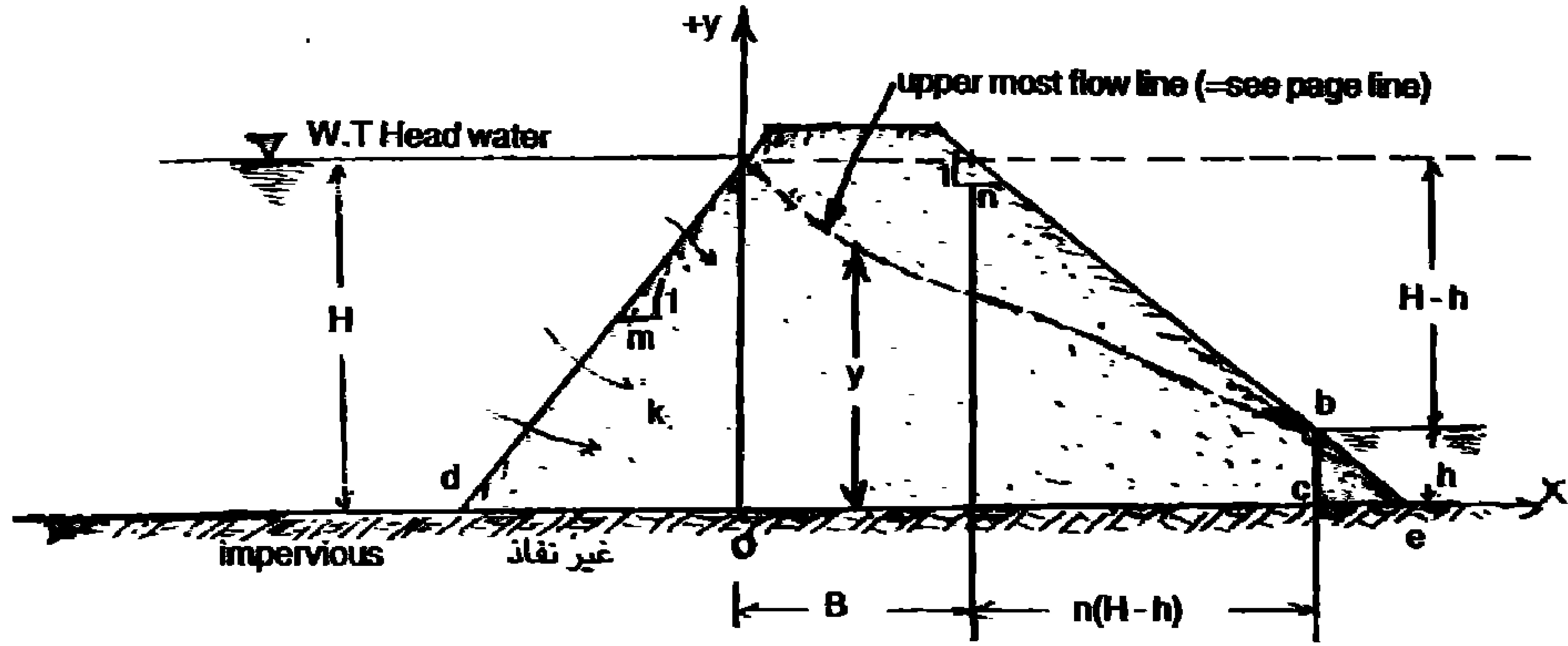
أما التصريف q $q= VA= Vy\,(1) = -Ky\,\frac{dy}{dx}$

حيث $A = y\,(1)$ = المساحة العمودية على الجريان

وبالتكامل تكون: $qx=-\frac{K}{2}y^2 + C$

عندما يكون $x=0$ فان $y=H$ وبالتعويض يكون:–

$$O= -\frac{K}{2}H^2 + C \quad \therefore C= \frac{K}{2}H^2$$



الشكل (5-3) الرشح خلال جسم السداد

$$\therefore q=\frac{K}{2ت}(H^2-y^2)$$

يلاحظ ان هذا الاشتقاق اعتبر جريان المياه الراشحة خلال مساحة عمودية من نقطة a (ao) بدلا من وجه مقدم السداد (ad) ، كذلك فان المثلث الواقع مؤخر جانب السداد المواجه لليابسة (bce) أهمل خلال اشتقاق معادلة التصريف.

ومن المعادلة اعلاه تكون معادلة خط الاشباع كما يلي:

$$y^2=H^2-\frac{2qت}{K}$$

عندما تكون(H-h) ت فان y=h

تحديد ارتفاع نقطة تقاطع الرشح مع السطح الجانبي (h) .

إن تحديد ارتفاع نقطة (h) في الشكل (5-3) وكذلك خط الاشباع يتم عندما يكون التصريف q خلال المساحة العمودية bc في أعلى قيمة له وعندها يكون

ت = B+n(H-h) ، y=h

$$\therefore q=\frac{K}{2ت}(H^2-y^2)=\frac{K}{2}\frac{(H^2-h^2)}{B+n\,(H-h)}$$

ان التصريف q سيكون في أعلى قيمة بعد h وانه لا يتغيـر بتغير h اي ان $\frac{dq}{dh}=o$

$$\therefore \frac{dq}{dh}=\frac{K}{2}\left\{\frac{[B+n(H-h)(-2h)]-[(H^2-h^2)(-n)]}{[B+n(H-h)]^2}\right\}=o$$

وان هذا المقدار لا يساوي صفراً الا عندما يكون البسط صفراً او المقام = α، وبما ان $\frac{K}{2}\neq 0$ وان المقام لا يساوي α ايضاً كما ان $n \neq \alpha$ عليه فان المقادير داخل الاقواس هي التي يجب ان تساوي (صفراً) اي ان :

$$n h^2-2(B+nH)h+nH^2=o$$
$$\therefore h=(H+\frac{B}{n}-\sqrt{(H+\frac{B}{n})^2-H^2}$$

ومن هذه المعادلة يتبين ان الارتفاع h لا يعتمد على نوع التربة المكونة للسداد في حين ان التصريف q يعتمد على نفاذية التربة المكونة للسداد.

وبعد معرفة قيمة h واعتماداً على استمرارية الجريان فانه يمكن حساب التصريف من المعادلة :

$$q=\frac{K}{2}\ \frac{(H^2-h^2)}{B+n(H-h)}$$

وبعد معرفة التصريف q يمكن تحديد مسار خط الاشباع (a-b) بحساب احداثيات y بفرض عدة قيم لـ ـلاً من المعادلة :-

$$y^2=H^2-\frac{2qت}{K}$$

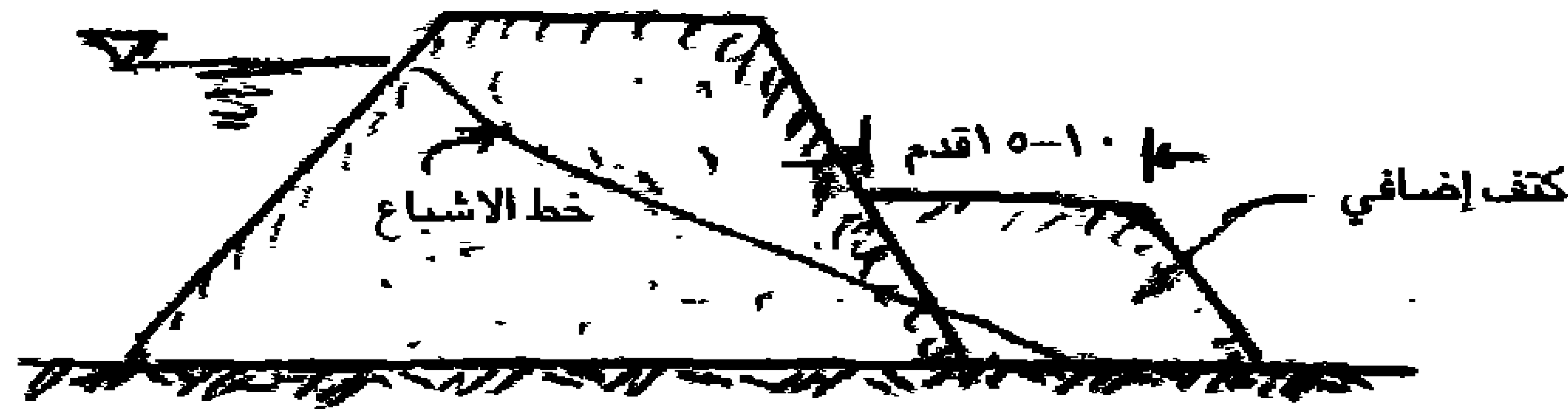
ومن الطبيعي ان تكون قيمة K معروفة سلفاً.

ان اتجاه ميل خط الاشباع يكون دائماً نحو الاسفل اي سالب القيمة $i=\frac{dy}{dx}$

وكلّما كانت التربة ذات نفاذية عالية ستكون ضعيفة المقاومة لرشح المياه- وبالتالي سيكون ميل خط الاشباع اكثر انبساطاً اي انه يقترب من الجريان الافقي، في حين يكون انحدار خط الاشباع حاداً (يميل او يقترب من الجريان العمودي) بزيادة مقاومة التربة لنفوذ المياه وتماسكها ضده.

ان التربة فوق خط الاشباع تكون يابسة بينما تتشبع التربة بالمياه تحت خط الاشباع، وعندما يتقاطع سطح المياه النافذة مع السطح الخارجي لجانب السداد فسيكون هناك جريان واضح لهذه المياه على طول خط التقاطع وتحته على امتداد السداد واذا زادت سرعته الى حد معين فانه سيحمل معه دقائق التربة مؤدياً الى غسل مستمر للتربة وانهيار السداد اخيراً.

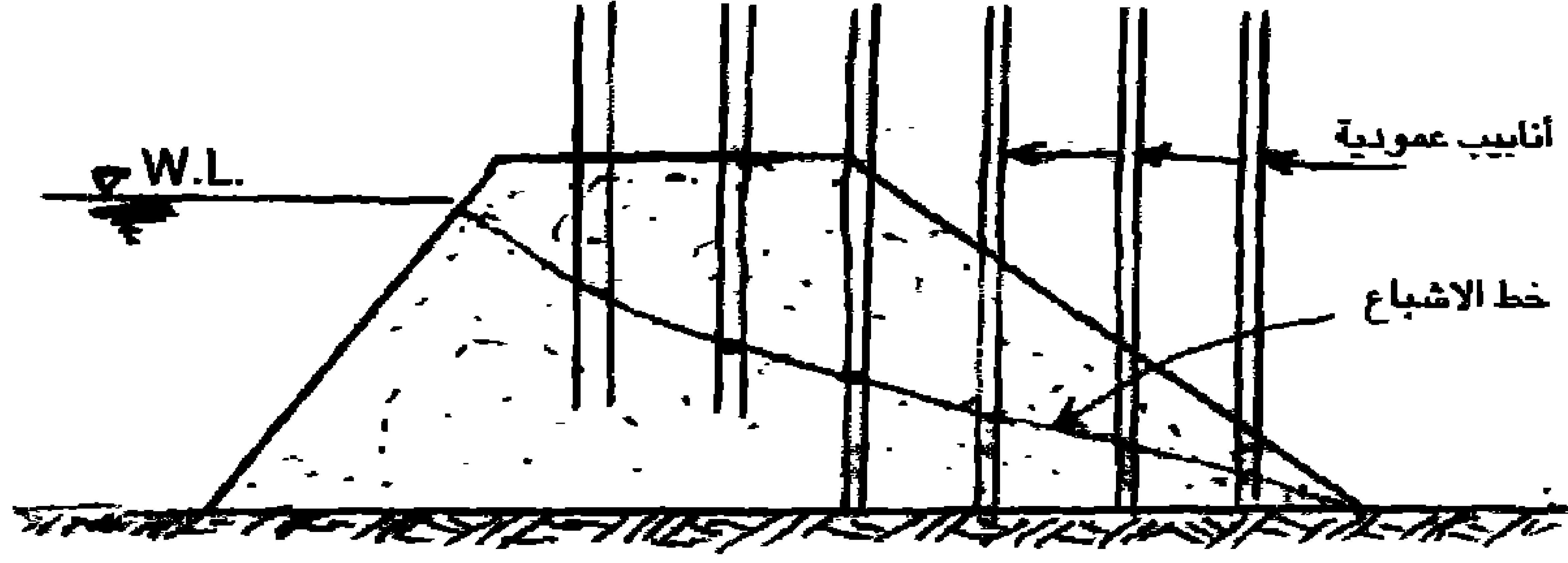
اذن لا بد من تغطية خط الاشباع بما لا يقل عن 2 قدم من التربة ويجب زيادة هذه الكمية في حالة السداد الجانبية للانهار وان انشاء كتف إضافي في ذنائب جانب السداد المواجه لليابسة بعرض (10–15) قدماً يمكن ان يعطي تغطية كافية لخط الاشباع .(الشكل 5–4).



الشكل (5–4) تغطية خط الاشباع

ويمكن تحديد مسار خط الاشباع عملياً في السداد المنفذة بواسطة انابيب صغيرة بقطر (2) انج تغرس عمودياً في جانب السداد المواجه لليابسة وفي سطحها العلوي حتى تصل الى مستوى منخفض من جسم السداد اي بعد التأكد من وصولها الى المياه الراشحة حيث يصعد فيها الماء الى مستوى خط الاشباع ومن معرفة مناسيبها في الانابيب يمكن تحديد مسار الخط.

الشكل (5–5)



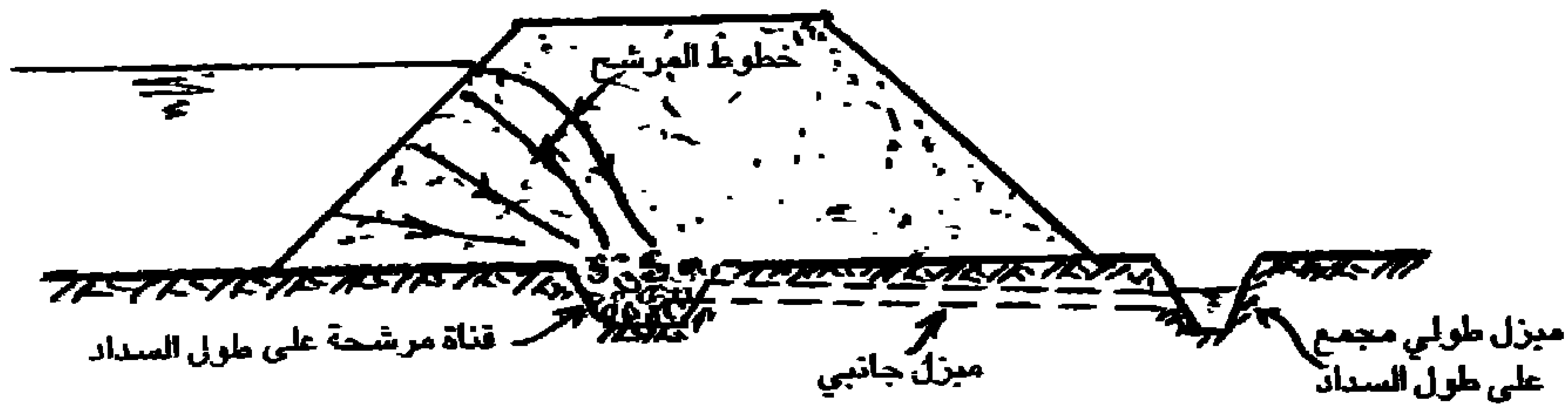
الشكل (5-5) تحديد مسار خط الاشباع حقلياً

إن انشاء جدران صماء في وسط السداد الترابية تساعد كثيراً في الحد من المياه الراشحة وتمنع خطوط الجريان من الوصول الى جانب السداد حيث يستعمل الطين في عمل هذه الجدران او الكونكريت. وفي بعض الاحيان تستعمل مواد مرشحة (Filter) كالحجر والحصو والرمل في ذنائب مؤخر السداد تعمل كمبازل لجذب خطوط الرشح نحو الاسفل باتجاهها وتوضع هذه المواد على شكل طبقات كل طبقة اخشن من التي تليها. عندما يكون اساس السداد من تربة ذات نفاذية عالية فان المياه تتسرب تحت السداد وتزداد سرعتها وحدّة ميلها كلما زادت نفاذية التربة، ولمعالجة ذلك نزيد من عرض قاعدة السداد او انشاء جدار قاطع عديم النفاذية (cut off) في وسط السداد ينزل الى أقوى طبقة موجودة تحت الاساس ، او فرش مادة مقاومة للرشح على جانب السداد المواجه للمياه تمتد مسافة مناسبة فوق الارض الطبيعية.

ان نفوذ المياه خلال وتحت جسم السداد يؤثر على استقراريتها عندما يكون ذا سرعة وضغط عالي يكفي لبعثرة ونقل دقائق التربة خارج جسم السداد. ويمكن ملاحظة ذلك عندما يكون الماء النافذ عكراً غير صافٍ فان هذه الحالة تعتبر خطرة يستوجب معالجتها.

14-5 بزل السداد الترابية

البزل ضروري لازالة المياه الراشحة الى قلب السداد من المياه المحجوزة او نتيجة الامطار، وخصوصاً عندما تكون التربة المكونة للسداد واسسها ذات نفاذية عالية. ويمكن التخلص من هذه المياه بحفر قناة صغيرة في اساس السداد عند الخط الطولي لمركز السداد وتملأ القناة بالحصو او كسر الحجر، وتحفر مبازل جانبية تصل بين قناة المركز وبين مبزل جانبي ينفذ مع امتداد الجانب المواجه لليابسة من السداد. كما يظهر ذلك في الشكل (5-6).



الشكل (5-6) عملية بزل السداد الترابية

15-5 مقالع التربة الاحتياطية (Borrow- Pits)

تخصص احياناً مناطق معينة لتجهيز الاتربة في الحالات الاضطرارية او حتى عند التنفيذ بالقرب من السداد في المناطق المحاذية من شواطيء الانهار. يجب ان تكون هذه المواقع بعيدة نسبياً عن السداد حيث يجب ان تترك مسافة لا تقل عن ضعف ارتفاع السداد بينها وبين هذه الحفر، ويوصي بعض المهندسين بان الحفر الاحتياطية يحب ان تبعد اكثر من 50 قدماً عن سداد

الانهار الكبيرة وليس اقل من 10 قدم عن سداد القنوات الاخرى. ويجب تحاشي الحفر قرب الجانب المواجه لليابسة لان ذلك يزيد من سرعة المياه الراشحة تحت السداد. ان عمق الحفر تتراوح بين 1-3 قدم في الاراضي اليابسة وان لا يزيد على 5 قدم في شواطيء الانهار وان تبتعد في هذه الحالة 100 قدم عنها. كما ان الحفر يجب ان لا يكون متصلاً على طول جانب السداد ويجب ان تترك مسافة 10 قدم على الاقل بين حفرة واخرى.

16-5 تغليف جوانب السداد

تستخدم مواد قوية في تغليف جوانب السداد كالحجر والطابوق والحصو والمكعبات الكونكريتية. ومن الضروري ان تترك السداد بعد تنفيذها فترة مناسبة قبل تغليفها لضمان استقرارها وتماسكها جيداً. ويجب ان لا يقل ميل جوانب السداد عند تغليفها عن 1:1.5 وغالباً ما يستعمل الحجر عند التغليف وبسمك 9–24 إنجاً ويعتمد ذلك على سرعة المياه وقوة الموجة المرتطمة بالسداد. وتفرش تحت طبقة الحجر طبقة من كسر الحجر او من الحصو بسمك 3–6 انج كأساس للتغليف . ويجب ان يرصف الحجر رصفاً جيداً ويكون سطح الحجرة الواحدة الاكبر مساحة نحو الاسفل والاقل مساحة نحو الاعلى. ويكون البناء عمودياً على سطح جانب السداد وتملأ الفراغات بين قطع الحجر بقطع الحجر الصغيرة بحيث يصبح السطح شبه مستو قليل التعرجات. ويمتد التغليف لمسافة 2–3 قدم بعد نهاية جانب السداد على الأرض الطبيعية لتأمين عدم انزلاقه. تملأ الفراغات بمونة الاسمنت وتكون نهاية التغليف العليا افقية ملاصقة لصبة كونكريتية بعرض قدم واحد وسمك يساوي سمك التغليف وبمنسوب يساوي أعلى منسوب للسداد والذي يزيد بدوره على منسوب الفيضان بمقدار 3 قدم أو أكثر.

ان تغليف جانب السداد الموجه لليابسة غير ضروري اذا كانت شدة الامطار في المنطقة قليلة. الا انه يستلزم تغليف الجانب المواجه للمياه للحفاظ عليه من ضربات الموجات المائية العالية.

17-5 الجدران الوسطية في السداد (Core wall)

ان عمل الجدار الوسطي في السداد هو كحاجز لمنع مرور المياه الراشحة خلال جسم السداد وكذلك يمكن أن يحول دون حفر القوارض داخل وعبر السداد. ويمكن عمل هذه الجدران من الطين المضغوط او الطابوق او الكونكريت او من الالواح الخشبية للسداد الصغيرة . ويمتد الجدار الى الاسفل حتى يصل طبقات التربة الصماء او قليلة النفاذية. ويمكن عمل الجدار الوسطي في مركز السداد او قريباً من الجانب المواجه للمياه. وعندما يكون الجدار خارجياً في مقدم السداد يساعد على منع التسرب بصورة فعالة أكثر مما لو كان في وسطها الا أنه يتعرض لخطر التصدع والتفتت نتيجة التعرض للمياه حيناً والجفاف حيناً آخر.

يتروا ح عرض الجدران من الاعلى بين 2–6 قدم ويميل كلا جانبيه بمقدار 12:1 الى 15:1 حتى مستوى الارض الطبيعية ثم يبدأ سمك الجدار بالتراجع والتناقص حتى يصل الى 4–6 قدم اي بما يزيد بمقدار 2 قدم على عرضه عند بدايته، وينزل بهذا السمك الى العمق المطلوب. ان قمة الجدار تكون بارتفا ع اقدم فوق أعلى منسوب للمياه و 2–3 قدم تحت منسوب السداد.

يفضل عمل السداد الترابية من تربة واحدة متجانسة ذات مقاومة عالية لرشح المياه دون اللجوء الى عمل جدار وسطي غير نفاذ من مادة مغايرة للمادة المكونة للسداد حيث يكون الجدار عرضة للتصدع وعدم الاستقرار نتيجة الاختلاف في مقدار الضغط على تربة الاساس لعدم تساوي كثافة مادة السداد مع كثافة مادة الجدار.

الخندق القاطع (Cut off trench)

لغرض جعل اساس السداد غير نفاذ يتم عمل خندق قاطع تحت السداد الى العمق الذي يمنع الماء من النفوذ تحت السداد، يحفر هذا الخندق في مركز السداد في الارض الطبيعية حيث يبنى عليه الجدار الوسطي ويملأ الخندق بالطين او الكونكريت حيث يلتصق ويترابط جيداً بقعر الخندق بواسطة اخاديد تعمل في القعر لهذا الغرض. ويعتمد عمق الخندق على عمق طبقات التربة الصماء. ان المقطع الاعتيادي للخندق القاطع تحت سداد الانهار هو بعمق من 3-5 قدم وعرض القعر من 4-6 قدم وميل الجوانب 1:1 .

18-5 مراحل تنفيذ السداد الترابية

قبل الشروع في العمل في انشاء السداد الترابية يجب تثبيت خط المركز الطولي لمسار السداد على الارض الطبيعية بالاوتاد لمسافة لا تزيد على 50 قدم بين وتد وآخر كما تثبت المنحنيات في خط المسار بدقة . كما يجب تثبيت نهايات السداد من الجوانب بصورة واضحة ايضا. حينئذ يكون مسار السداد واضحاً لرصد المقاطع العرضية.

المقاطع العرضية لمسار السداد (Cross Sections)

المقطع العرضي هو المقطع الذي يؤخذ عمودياً على مسار السداد الطولي. وترصد المقاطع العرضية على طول خط المسار بمسافة 500 قدم بين مقطع وآخر. ويتم تكثيف المقاطع في المنحنيات ونؤخذ مقاطع اضافية عند اي تغيير مفاجيء في مناسيب الارض الطبيعية عند المسار. وتثبت اوتار بصورة جيدة للنقاط التي تكون المقطع على يسار ويمين خط المسار تمتد بمسافة عرضية تغطي كامل عرض السداد من القاعدة وتزيد عليها بمسافة مناسبة.

والهدف من رصد المقاطع العرضية لمسار السداد هو لحساب الكميات الترابية عند الدفن او الحفر حسب منسوب الارض للوصول الى المنسوب التصميمي المطلوب للسداد. وبذلك يمكن حساب الحجم الكلي من الاتربة اللازمة لانشاء السداد من حساب مساحة كل مقطع وحساب معدل المساحة لكل مقطعين متجاورين ويضربها بمقدار المسافة بين المقطعين يكون الناتج حجم الكميات الترابية المطلوبة. ومن معرفة الحجم والاسعار السائدة يمكن تقدير كلفة السداد.

تهيئة الموقع: يجب تحضير الموقع الذي ستنشأ عليه السداد الترابية لاستقبال التربة الجديدة المكونة لجسم السداد حيث ينظف كل الموقع من الاشجار والنباتات والاعشاب بصورة جيدة وجميع المواد العضوية التي يمكن ان تكون موجودة في المنطقة. لان مثل هذه المواد تتحلل بمرور الوقت تاركة جيوباً فارغة في اساس السداد مما يجعلها ممرات سهلة لنفوذ المياه تحت السداد. يجب ازالة طبقة التربة العليا من سطح الارض وبعمق لا يقل عن 6 أنج والتي غالباً ما تكون تربة رخوة غير متماسكة تشكل خطراً على السداد عند بقائها.

بعد ذلك يتم تخشين سطح الاساس بعمل اخاديد طولية لتوحيد وتماسك جسم السدة مع تربة الاساس. ويكون شكل هذه الاخاديد الموازنة لخط المسار كشكل الحرف (V) ويجب تكثيف هذه الاخاديد عندما تكون التربة نفاذة او تميل الى التصدع او عندما يكون سطح الارض مائلاً بصورة كبيرة . واذا اريد عمل خندق او اخدود واحد فان موقعه سيكون في خط المركز ويتراوح عرضه من الاسفل بين 4 الى 6 قدم وبعرض 3-5 قدم وتميل جوانبه ميلاً اعتيادياً مقداره (1:1) . واذا تم عمل عدة خنادق صغيرة يمكن ان تكون جوانبها عمودية ويجب التخلص من كل الترب الهشة او الحاوية على نسبة عالية من الاملاح.

حدل السداد الترابية

ان الهدف من حدل التربة هو تحسين خواصها وزيادة قوتها وتماسكها لمقاومة الظروف الجوية والانزلاق ورشح المياه وغير ذلك. كل السداد الترابية يجب ان تنفذ على شكل طبقات سمك كل طبقة يتراوح بين 9 الى 12 انج معتمدة على متانة التربة ونوع الحادلات المستعملة . وتفرش كل طبقة عموديا على المقطع وعلى كامل العرض التصميمي ، بل اكثر منه قليلاً (اي يجب ان لا يكون عرض الطبقة اقل من عرض السداد ثم يزيد حتى يصل الى العرض التصميمي) . ويقل عرض الطبقات كلما ارتفع الاملاء الترابي حسب ميل جوانب السداد حتى يصل الى الطبقة العليا والاخيرة فيكون عرضها مساوياً أو أكثر قليلاً من عرض السداد التصميمي. وفي هذه الحالة يكون تنفيذ ميل جوانب السداد متزامناً مع العمل الكلي ويفضل تجنب عمل الجوانب بعد انتهاء العمل.

من الضروري ان تكون الترب المستعملة متهشمة الى اجزاء صغيرة عند جمعها من المقالع وينبغي تكسير وتهشيم الكتل الكبيرة قبل تحميلها الى مواقع العمل. وتحدل كل طبقة جيداً وتسوى كافة الكتل الموجودة، وتزال كافة الجذور والنباتات او اية مواد عضوية من التربة.

الحادلات نوع قدم الغنم (Sheep foot type) ملائمة لحدل التربة الجافة ذات اللزوجة الجيدة مع نسبة قليلة من الرطوبة. في حين تكون الحادلات ذات الاطارات الهوائية أكثر ملائمة من غيرها في حدل السداد. أما الحادلات ذات الاطارات الحديدية الملساء فانها جيدة في الحدل ايضا الا انها تجعل سطح الطبقة املس يمكن ان يشكل سطحاً فاصلاً بين طبقة واخرى. وتستعمل حادلات وزن 6–8 طن في حدل التربة عادة.

عند القاء الاتربة يجب أن تفرش وتحدل مباشرة وبالسرعة الممكنة لتجنب فقدان التربة لرطوبتها اذ ان الحدل في التربة اليابسة غير مجد. يمكن ان يبدأ الحدل بحادلات قدم الغنم اولاً لتهشيم الكتل الكبيرة ثم يكمل الحدل بواسطة الحادلات الناعمة بمعدل ثمان مرات كاملة للطبقة الواحدة. ويستحسن امرار حادلة خفيفة اولاً لتسوية السطح قبل استعمال الحادلات الثقيلة. وللحيلولة دون التصاق التربة بعجلات الحادلات ترش طبقة يابسة قبل او اثناء الحدل. ويفضل تجنب رش المياه قبل أو اثناء الحدل، أما اذا كانت التربة يابسة جداً فان رش المياه يجب ان يكون بمقدار مقنن بصورة دقيقة بحيث يعادل الرطوبة المثلى المطلوبة للحصول على أعلى كثافة للتربة وأكثر تصلباً بعد الحدل. ويرش الماء فوق الطبقة بعد اكمال حدلها وتفرش الطبقة الاخرى مباشرة قبل جفاف المياه لضمان التصاق وتماسك الطبقات مع بعضها.

يتم الحدل عندما يكون محتوى الرطوبة الامثل (Optimum moisturecont) . ان تصلب السداد وانضغاطها عمودياً بسبب وزنها والامطار الساقطة عليها يعادل حوالي $\frac{1}{30}$ من ارتفاعها للسداد المحدولة جيداً. وان درجة انضغاط التربة (Compaction) تقاس بالكثافة (Bulk density) وان أعلى كثافة لدرجة معينة من الحدل تكون عندما يصل محتوى الرطوبة الى محتوى الرطوبة الامثـل.

تعلية السداد الترابية

في عمليات تعلية وتعريض السداد القديمة يجب اولاً عمل مدرجات في سطح السدة وجوانبها تميل قليلاً نحو مركز السداد ثم ترش المياه على سطح السدة لترطيبه للمساعدة على التصاق وتجانس التربة الجديدة مع التربة القديمة. ويفضل عند توسيع السداد اضافة التربة الجديدة على مقدم السداد اي من جهــة الماء حيث تضغط على الســدة القديمة بواســطة ضغط المياه.

5-19 الأسباب المباشرة لانهيار السداد الترابية

تنهار السداد الترابية لسبب أو أكثر من الاسباب التالية:

1- التعرية والتآكل نتيجة سرعة المياه، ضربات موجات المياه، الامطار والرياح. ان التكسية الحجرية لمثل هذه الحالات ملائمة جداً للحد من التعرية والتآكل .

2- طغيان المياه فوق سطح السداد نتيجة الارتفاع غير الكافي لجزء السداد الحر. ان معظم الانهيارات في السداد تأتي نتيجة طغيان المياه فوقها.

3- تسرب المياه خلال وتحت السداد لرداءة الحدل والنفاذية العالية لتربة السداد، حيث تبعثر المياه المتسربة دقائق التربة وتدفعها خارج السداد مما يؤدي الى انفاق تتسع تدريجياً وتخترق السداد من مقدمها الى مؤخرها. وقد تكون هذه الانفاق في الارض الطبيعية تحت السداد.

4- الانزلاق نتيجة الانحدار الحاد لجوانب السداد، ويحدث ذلك بعد تشبع جانب مؤخر السداد بالمياه عندما يكون الغطاء فوق خط الاشباع غير كاف.

5- الكهوف والاوكار التي تعملها الحيوانات (كالثعالب والقطط والكلاب السائبة والبرية) والفئران وحتى الحشرات ، حيث تتخلل جسم السداد وتكون ممرات سهلة للمياه تتسع بمرور الوقت محدثة الكسرات المفاجئة في السداد اثناء الفيضان.

5-20 مقالع المواد الاولية لانشاء السداد الترابية

تدخل العديد من المواد الاولية في مكونات السداد الا ان اهمها وأكثرها استعمالاً هي المواد الترابية، فلا بد قبل المباشرة بالتنفيذ من تحديد مقالع

التربة بعد التأكد من صلاحيتها مختبرياً لانشاء السداد وتثبت مواقعها وابعادها وحجم التربة التي يمكن الحصول عليها والمسافة بينها وبين مواقع العمل في السداد. واذا امكن الحصول على التربة من باطن وضفاف الانهار أو المنخفضات التي يراد انشاء السداد لها قبل ارتفاع مناسيب المياه فيها فان ذلك مفضل لعدة وجوه منها التوفير الكبير في الكلفة والوقت وزيادة استيعاب الانهار التي تؤخذ منها الاتربة، الا انه يجب تجنب اخذ الاتربة من قرب مسار السداد او محاذاته بما يؤثر على استقرار السداد وضعف في اسسها.

كما يجب تعيين مقالع الحجر والحصو لسد الحاجة من هذه المواد في تكسية جوانب السداد ضد التآكل والتعرية.

الفصل السادس

تحسين مجرى الأنهار

1-6 مقدمة

الغرض الرئيسي من تحسين مجرى الانهار والقنوات الرئيسية هو لزيادة درجة استيعابها لمياه الفيضان المتوقعة من جهة واختصار الفترة الزمنية اللازمة لنقل مياه الفيضان في هذه الانهار من المناطق الخطرة الى المناطق الآمنة من جهة اخرى.

وقد يتطلب الامر توسيع المجرى في حالة ما او زيادة السرعة في حالات اخرى او توسيع المجرى وزيادة السرعة معاً حيث يمكن للنهر أو القناة تصريف كمية كبيرة من المياه. كما ان زيادة المقطع وتوسيعه يمكن ان يكون بزيادة عرض القناة او النهر او بتعميقها (زيادة العمق)، او بتعلية السداد الجانبية للأنهار أو بإبعادها عن حافة النهر.

كما ان تحسين المجرى يتطلب ازالة الالتواءات والانحناءات وجعل المجرى مستقيماً قدر الامكان. وعند تعذر ذلك يستوجب حماية اكتاف النهر من التآكل عندما يكون مواجهاً للمجرى، ومن الترسب عندما يكون بعيداً عن تركيز السرعة ضمن المقطع، وكذلك حماية السداد الجانبية عند هذه الالتواءات من اي طارىء عندما تطغي المياه على جوانب المقطع النهري وتصل الى السداد الجانبية في موسم الفيضان.

ان الفقرات القادمة من هذا الفصل ستتناول عمليات تحسين مجرى الانهار والقنوات اعلاه والتي تساعد في نقل مياه الفيضان من مصادرها الى اماكن الاستفادة منها فيما بعد دون التعرض لخطرها.

6-2 حماية الانهار من الترسبات(Silting)

سبق ان اشرنا الى ان العوالق المحمولة بمياه الامطار هي نتيجة التعرية الحاصلة للتربة التي مرت بها هذا الامطار في مناطق اعالي حوض النهر (مناطق التغذية)، وان الحد من هذه التعرية سيعمل على تقليل نسبة العوالق وبالتالي حماية مقطع النهر من الترسبات.

ان نسبة العوالق في مياه الانهار وحجم دقائق التربة العالقة فيها تعتمد على: طبيعة سطح التربة ، انحدار المجرى، وطبيعة الامطار في منطقة التغذية.

وان قابلية النهر على حمل دقائق التربة تعتمد على : التصريف المار في النهر، انحدار السطح، معدل قطر الدقائق (Silt grade) ووزن الدقائق العالقة في وحدة الحجم للماء (Silt charge) .

هناك نوعان من الدقائق المحمولة بالمياه:

1- دقائق القاع (bed silt) وهي التي تتدحرج متنقلة على طول قاع النهر.

2- الدقائق العالقة وهي التي تنتقل محمولة بمياه النهر.

وكلما كانت الدقائق ثقيلة كلما اقتربت من قاع النهر معتمدة على سرعة الجريان. من ناحية اخرى تعتبر بعض العوالق مهمة من حيث مساعدتها على زيادة خصوبة التربة الزراعية التي تترسب فيها كما انها تعمل على اكساء مقطع وجوانب النهر بطبقة رقيقة قليلة النفاذية مما يقلل من ضائعات المياه بالتسرب.

وعلى أية حال فان سرعة الجريان في النهر او القناة يجب ان تكون مساوية او قريبة من السرعة الحرجة وهي سرعة الجريان التي لا يحدث عندها تآكل او ترسيب في مقطع النهر عند عمق معين (يتم حسابها بواسطة احدى المعادلات

القياسية). ويجب ان تكون النسبة بين السرعة الحقيقية الى السرعة المحرجة مسلوية إلى واحد أو أكثر قليلاً في جزء النهر أو القناة العلوي وتساوي 0.8 عند ذنائب النهر. وبهذا يمكن بقاء الدقائق عالقة بالمياه الجارية حتى وصولها الارض الزراعية. وعموماً فان معدل سرعة يساوي او يتراوح بين 2-3 قد/ث يمكن ان يمنع الترسب ويمنع نمو النباتات في مقطع النهر كما لا يوجد تاكل في المقطع عند هذه السرعة.

3-6 زيادة التصريف المار بالانهار

في كثير الاحيان لا تستوعب الانهار مياه الفيضان المتجمعة من مناطق تغذيتها مما يؤدي الى طغيان المياه على جوانب الانهار وحدوث كسرات كبيرة في السداد الترابية الجانبية للانهار تصعب السيطرة عليها مؤدية الى تعرض مدن كثيرة لاخطار الفيضان سيما وان المدن غالباً ما تتركز على ضفاف الانهار. وتعتبر هذه الحالة من أخطر حالات الفيضان اذ انها تهدد بصورة مباشرة حياة الانسان وممتلكاته وحضارته اضافة الى تدمير الاراضي الزراعية المجاورة بما فيها .

لذلك فان الحالة تستدعي زيادة استيعاب الانهار لاكبر كمية متوقعة من الفيضان، ويمكن زيادة سعة الانهار التصريفية بزيادة المقطع او بزيادة سرعة الجريان.

وتفضل زيادة المقطع اذا توفرت الامور التالية: 1- المجرى ضيق، 2- منطقة تغذيته صغيرة، 3- فترة الجريان العالي قصيرة.

وتتم زيادة المقطع بتوسيعه أو بتعميقه وفي الانهار الكبيرة ذات الجريان العالي يتم زيادة المقطع بانشاء السداد الجانبية وتعليتها كما مر ذكره في الفصل الخامس.

اما زيادة سرعة الجريان فتتم بثلاث طرق او بتغيير قيمة احد العوامل الثلاث التالية: 1- الميل الهيدروليكي لسطح المياه الجارية في النهر (S) 2- نصف القطر الهيدروليكي (R) 3- عامل الخشونة لتربة مقطع النهر (n) . وذلك لان السرعة $\vartheta = f\left(\frac{1}{n}, R, S\right)$ اي ان السرعة تتناسب عكسياً مع عامل الخشونة (n) اي تقل بزيادته وتزداد بقلته، وتزداد السرعة بزيادة نصف القطر الهيدروليكي (R) وتزداد كذلك بزيادة ميل سطح الماء الجاري (hydraulic gradient) وتتم زيادة السرعة كما نوضحه في ادناه من تغيير قيم العوامل الثلاث آنفة الذكر.

أ- تغيير عامل الخشونة (n).

يعتمد عامل الخشونة على عدة عوامل منها:

1- كمية النباتات النامية في مجرى النهر،

2- التغيير المستمر في مقطع النهر،

3- عدم انتظام مجرى النهر ،

4- نوع التربة التي يمر بها النهر (تربة مقطع النهر).

يمكن ان تتضاعف قيمة عامل الخشونة عند زيادة النباتات النامية وعند زيادة التغييرات في مقطع النهر وخشونة قاع وجوانب النهر، في حين يمكن ان تقل قيمة عامل الخشونة (n) الى النصف عندما يكون مقطع النهر مستقراً ومتجانساً وتكون نسبة النباتات فيه قليلة وبذلك يمكن زيادة سرعة الجريان .

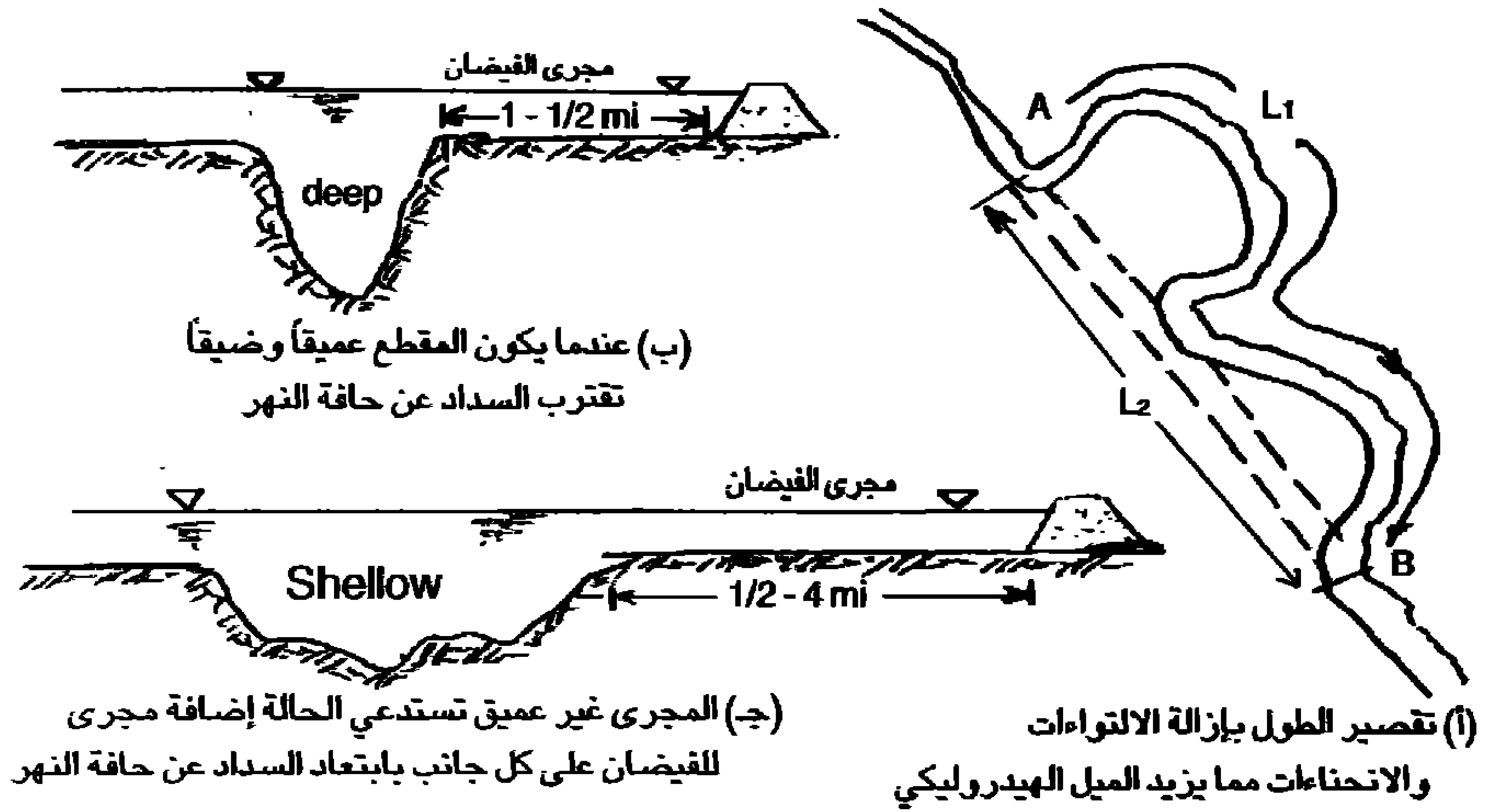
ب- نصف القطر الهيدروليكي (R) : hydraulic Raduis

يمكن زيادة سرعة الجريان بزيادة نصف القطر الهيدروليكي (R) ويمكن زيادته اما بتعريض المقطع او تعميقه ويمكن ملاحظة تأثير كل من التعريض (widening) والتعميق (deepening) على مقدار الجريان من المثال الذي سيأتي ذكره.

حـ- ميل سطح الماء الجاري أو الميل الهيدروليكي (S) hydraulic gradient

تزداد سرعة الجريان كلما ازداد الميل الهيدروليكي ومن المعلوم انه يتناسب طردياً مع فرق منسوب سطح الماء بين نقطتين على امتداد المجرى (h) وعكسياً مع المسافة بين هاتين النقطتين (L) حيث ان $S=\frac{h}{L}$، واذا كان فرق المنسوب ثابتاً فبالامكان زيادة الميل الهيدروليكي بتقصير طول القناة او النهر وذلك باختصار الطريق الذي يمر فيه النهر بازالة الالتواءات والانحناءات وجعل مجرى النهر مستقيماً، ان الغاء الالتواءات في مجرى النهر سيزيد من سرعة الجريان بتقليل طول النهر كما يقلل طول السداد الجانبية على ضفتي النهر مما يقلل كلفة انشائها وصيانتها وصيانة مجرى النهر اضافة للغرض الرئيسي منها وهو زيادة سرعة الجريان وسنبين تأثير زيادة الميل الهيدروليكي (S) على مقدار التصريف في المثال (6-2) لاحقاً.

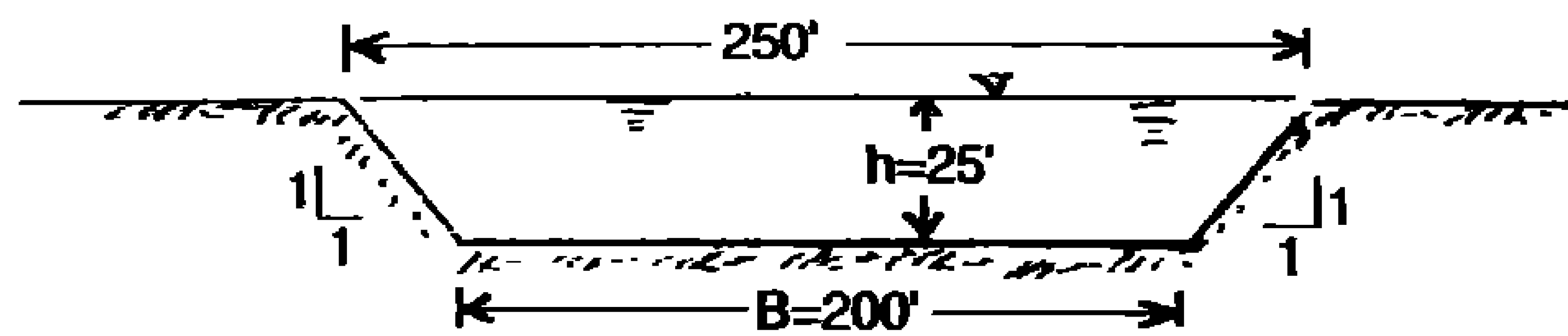
وبصورة عامة اذا كان مقطع النهر عميقاً وضيقاً فان الحاجة تستدعي تحسين المجرى فقط في معظم الحالات وعندها تكون المسافة بين حافة النهر والسداد الجانبية لا تزيد على نصف ميل، اما اذا كان مقطع النهر غير عميق ولا يكفي فانه الحالة تستدعي اضافة مجرى للفيضان على كل جانب من النهر وذلك بزيادة المسافة بين حافة النهر والسداد الجانبية لتتروا ح من 0.5 ميل الى 4 ميل حيث تكون هذه المسافة مقعرة (Concave) لاستيعاب كمية كبيرة من مياه الفيضان وتنشأ السداد الجانبية على نهاية هذه المسافة . وقد تستدعي بعض الحالات ان تزيد المسافة على 4 ميل وعندها يكون تحسين المجرى غير ضروري (الشكل 6-1-ب و حـ).



الشكل (6-1) زيادة التصريف بإزالة الالتواءات وعمل السداد الجانبية

مثال 6-1:

قناة ذات مقطع عرضه من الاسفل B= 200 قدم وعمق الماء فيه d= 25 قدم ، الميل الهيدروليكي S= 0.25 قدم/ميل ، معامل الخشونة n= 0.03، سعة القناة التصريفية Q= 16800 قد^3/ث . تستدعي حالات الفيضان زيادة سعة القناة لامرار تصريف يزيد على التصريف الاصلي للقناة بمقدار 50٪ اما بتعريض المقطع او بتعميقه. علماً بان عرض القناة من الاعلى عند منسوب المياه هو 250 قدم ومعدل ميل الجوانب 1:1 (انظر الشكل 6-2).



الشكل (6-2)

الحل:

استعمل معادلة chezy لاستخراج

السرعة: $\vartheta = C\sqrt{RS}$

ومعادلة Kutter لاستخراج قيمة الثابت c

$$C=\frac{23+\frac{1}{n}+\frac{0.00155}{S}}{1+(23+\frac{0.00155}{S})\frac{n}{\sqrt{R}}}$$ in metric system

$$C=\frac{41.6+\frac{1.811}{n}+\frac{0.00281}{S}}{1+(41.6+\frac{0.00281}{S})\frac{n}{\sqrt{R}}}$$ in feet system

أولاً المقطع الاصلي:

Q= 16800 قدم^3/ث

معدل العرض = $\frac{250+200}{2}$ = 225 قدم

المساحة A= 25 × 225 = 5615 قدم^2

الميل (S)= $\frac{0.25}{5280}$ 0.00005

طول الجانب (m) = $\sqrt{2}$ + 25 = 35.8 قدم

المحيط الرطب (P, wetted parameter) = 200 + 35.8 × 2 = 271.6 قدم

نصف القطر الهيدروليكي R= $\frac{A}{P}$ = $\frac{5615}{271.6}$ = 20.67 قدم

∴ السرعة = (ϑ) = $\frac{\frac{0.00281}{0.00005}+\frac{1.811}{0.03}+41.6}{\frac{0.03}{\sqrt{20.67}}(\frac{0.00281}{0.00005}+41.6)+1}\times\sqrt{0.00005\times 20.67}$

= 2.99 قدم/ث

ثانياً : تعريض مقطع القناة : Widened channel

اعلى تصريف مطلوب $Qmax = 50\% \times 16800 + 16800 = 25200$ قد^3/ث

العرض من الاسفل = $50\% \times 200 + 200 = 300$ قدم

اي ان الزيادة في العرض من الاسفل هي 100 قدم (50 قدم من كل جانب) ويكون التوسيع متساوياً من الاسفل الى الاعلى للحفاظ على الميل الجانبي ثابتاً (1:1) وبذلك ستكون الزيادة وفي العرض الاعلى 100 قدم ايضاً (50 قدم من كل جانب).

وبذلك يكون العرض من الاعلى = 350 قدم

معدل العرض = $\frac{350 + 300}{2} = 325$ قدم

المساحة $A = 325 \times 25 = 8125$ قدم^2

الميل $(S) = 0.00005$

نصف القطر الهيدروليكي $R = 21.90$ قدم

∴ سرعة الجريان $\vartheta = 3.15$ قدم/ث

∴ التصريف الجديد $Q = AV = 3.15 \times 8125 = 25590$ قد^3/ث

وهو يحقق التصريف المطلوب (25200 قد^3/ث).

ثالثاً: تعميق مقطع القناة Deepened channel

من خلال الخبرة والممارسة فان زيادة التصريف بمقدار 50٪ لا يتطلب زيادة العمق بمقدار 50٪ ايضا بل اقل من ذلك ولتكن 30٪.

اعلى تصريف مطلوب $Qmox = 25200$ م^3/ث

عمق القناة الجديد = 30٪ × 25 = 33 قدم

اي ان الزيادة في العمق ستكون = 33 -25 = 8 قدم

وللمحافظة على ميل الجوانب ثابتاً (1:1) فان:

العرض من الاسفل = 200 – 2 × 8 = 184 قدم.

معدل العرض = $\frac{184 + 250}{2}$ = 217 قدم.

المساحة A= 217 × 33 = 7161 قدم^2

طول الجانب (n) = $\sqrt{2}$ + 33= 46.66 قدم

المحيط الرطب (P)= 184 + 2 + 46.66 = 277.32 قدم

نصف الهيدروليكي S= 0.00005

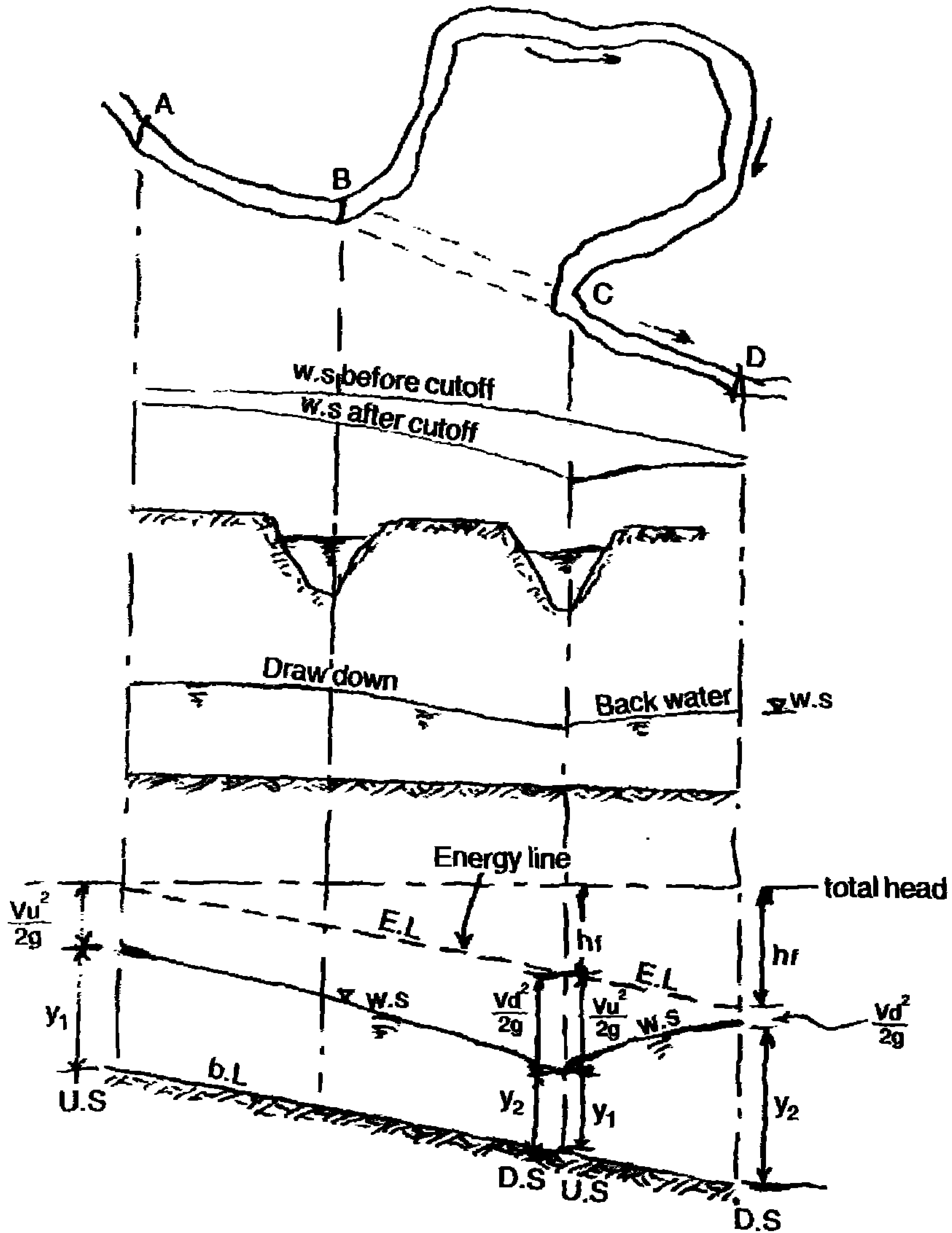
∴ سرعة الجريان الجديدة ϑ = 3.55 قدم/ث

∴ التصريف الجديد = 3.55 × 7161 = 25420 قد^3/ث

وهو يحقق التصريف المطلوب (25200 قد^3 / ث)

ولمقارنة النتائج نقول انه في حالة زيادة عرض القناة لاجل رفع التصريف مقدار 50٪ فان الزيادة في المساحة ستكون بنسبة = $\frac{5615 - 8125}{5615}$ = 45٪ اما في حالة زيادة عمق القناة لاجل رفع التصريف بمقدار 50٪ فان مقدار الزيادة بالمساحة سيكون بنسبة = $\frac{5615 - 7161}{5615}$ =27.5٪.

وعليه فان زيادة عمق القناة اقل كلفة من زيادة عرضها حيث نوصي بزيادة العمق اذا اريد زيادة التصريف لقناة ما. اضف الى ذلك ان زيادة عرض القناة يؤدي الى كلفة اضافية عدا كلفة الحفر وهي خسارة في الاراضي الزراعية المجاورة.



الشكل (3-6) ايجاد الميل الهيدروليكي بعد ازالة الالتواء

في الشكل (6-3) نهر فيه التواء بين النقطتين B و C حيث يبين ميل سطح الماء قبل وبعد ازالة الالتواء. وباستعمال معادلة برنولي (Bernuli equation) للجزء الذي يهبط فيه منسوب الماء بين النقطتين A و C فان :

$$y_1 + \frac{Vu^2}{2g} = y_2 + \frac{Vd^2}{2g} + h_f$$

$$y_1 - y_2 = \frac{Vd^2}{2g} - \frac{Vu^2}{2g} + h_f = \frac{Vd^2 - Vu^2}{2g} + h_f$$

$y_1 - y_2 = \Delta H_f$ = fall in water surface

$$\therefore \Delta H_f = \frac{Vd^2 - Vu^2}{2g} + h_f$$

وباستعمال معادلة برنولي للجزء الذي يرتفع فيه منسوب الماء بين النقطتين C و Δ فان:

$$y_1 + \frac{Vu^2}{2g} = y_2 + \frac{Vd^2}{2g} + h_f$$

$y_1 - y_2 = \Delta H_r$ = rise in water surface

$$\therefore \Delta H_r = \frac{Vd^2 - Vu^2}{2g} + h_f$$

Where : Vu = Velocity of water ϑ.S.

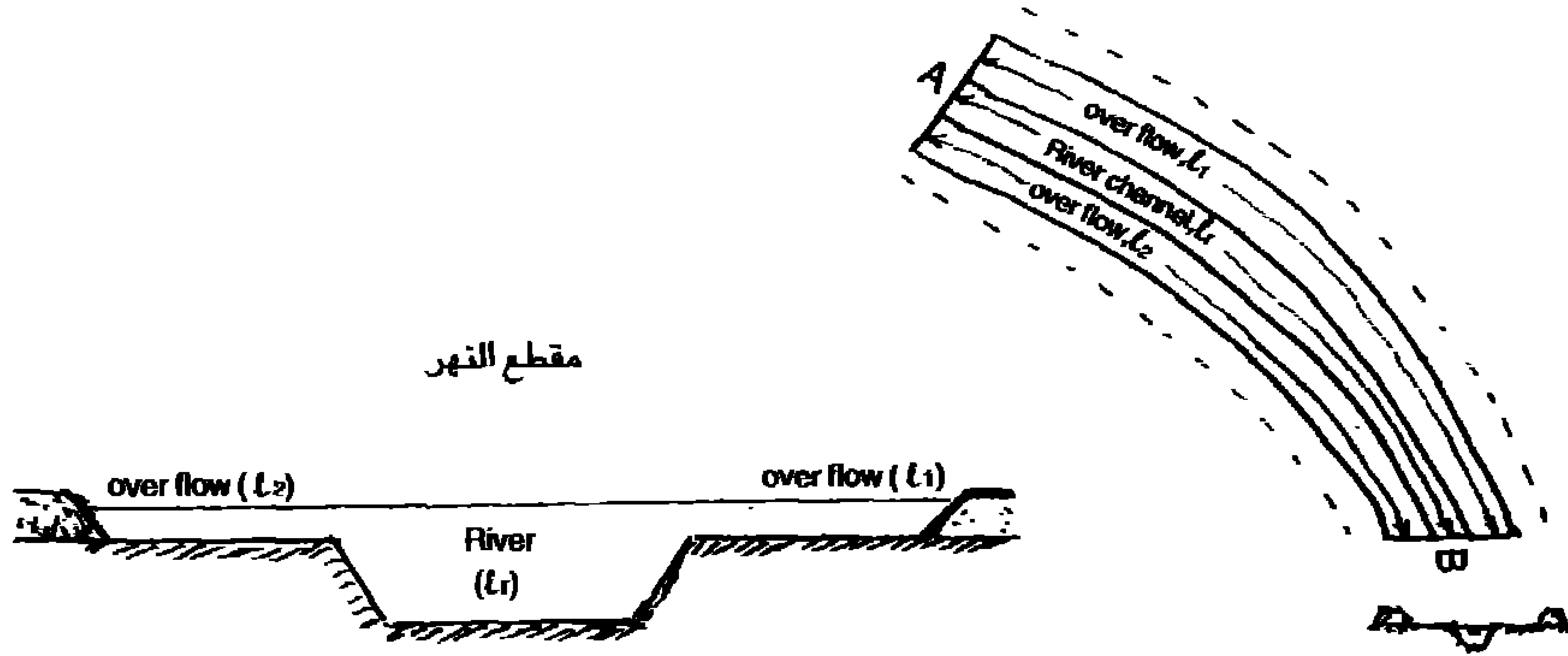
Vd= Velocity of water D.S.

Both equations are solved by trial.

مثال 6-2 : نهر ذو مقطع مبين في الشكل (6-4) والجدول ادناه فيه البيانات الخاصة بالنهر، التصريف المطلوب هو (180000) قدم^3/ث ، احسب الميل الهيدروليكي للمقطع الاصلي للنهر ومجرى الفيضان من كل جانب، احسب

السرعة لكل منهما، والتصريف الكلي ، افرض ان الهبوط في مستوى الماء بين النقطة A و B = ΔH_f = 0.86 قدم.

Dist. between AXB ft	over flow l_2 1250	river l_r 1700	over flow l_1 2200
Cross Section area ft^2	5420	12610	14680
Hydroulic raduis ft	9.0	221	8.1
Roughness cof (n)	0.04	0.03	0.04



الشكل (4–6)

الحل: استعمل المعادلات التالية لايجاد قيم الميل الهيدروليكي (S) وقيم السرعة (V) وقيم التصريف (Q) :–

$$S=\frac{\Delta H_f}{L}$$

$$V=\frac{1.486}{n}R^{2/3}S^{1/2}$$

$$Q=Av$$

	overflow l_2	River l_r	Overflow l_1
hyd. gradient S:	0.000685	0.000505	0.000390
Velocity V:	4.45	8.74	3.14
Discharge Q :	24000	110000	46000

Qtotal = 24000 + 110000 + 46000 = 180000 cfs (o.K)

من ملاحظة النتائج يظهر واضحاً بأن الميل الهيدروليكي (S) يتناسب عكسياً من طول المجرى فكلما ازداد الطول كلما قل الميل الهيدروليكي فاذا اريد زيادة التصريف فان ازالة الالتواءات في مجرى النهر تؤدي الى قلة في طول المجرى وزيادة في الميل الهيدروليكي وزيادة في سرعة الجريان ومقدار التصريف.

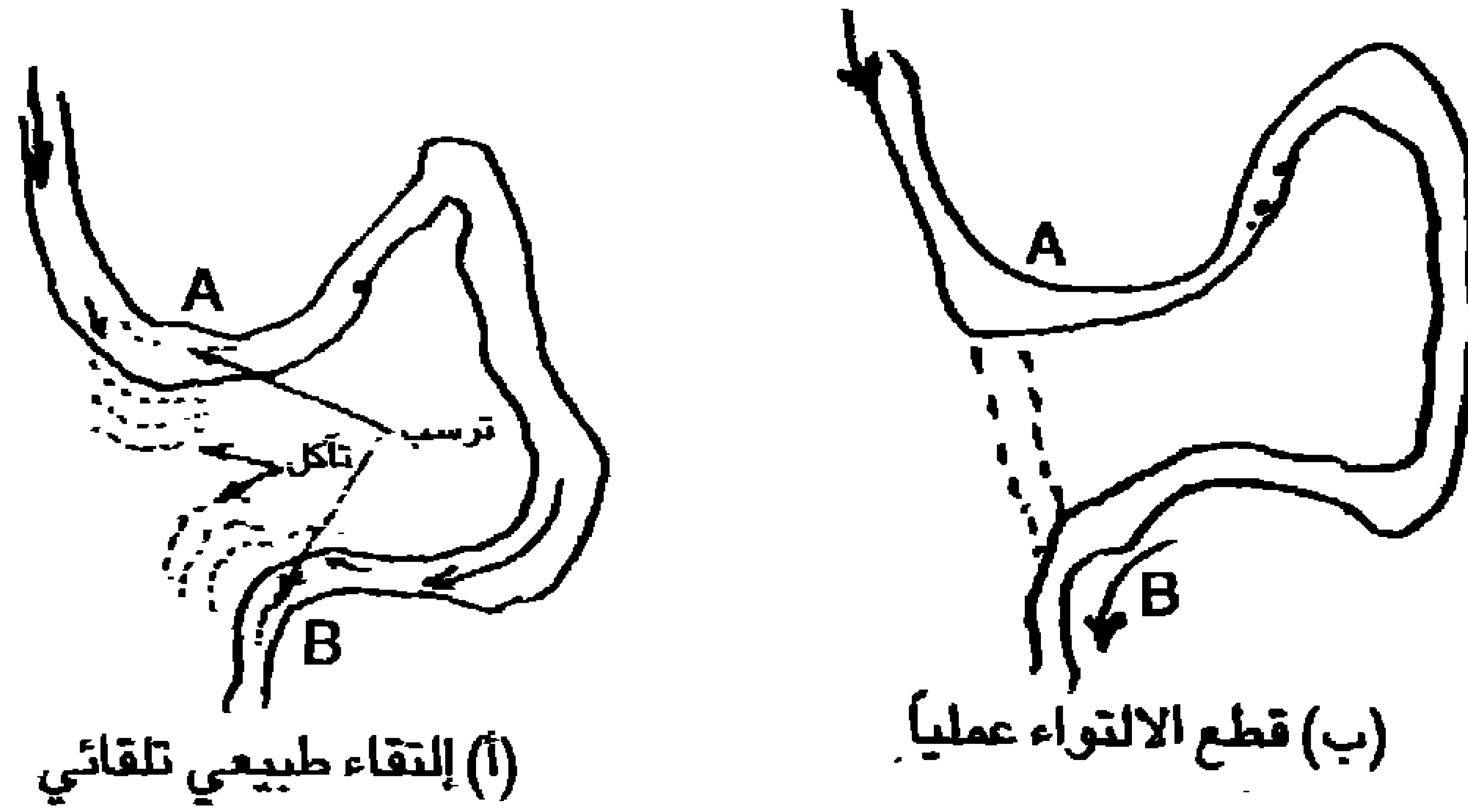
ان الانحناءات والالتواءات الحادة في مجرى النهر غير مرغوب فيها من عدة نواحي منها: اعمال السيطرة على الفيضان، حماية اكتاف الانهار من التآكل والترسب في وقت واحد ، الملاحة ، وغيرها، لذلك يفضل ازالتها قدر الامكان.

ويمكن ان تزول الالتواءات تلقائياً نتيجة التآكل والترسب في نهايتي الانحناء كما يظهر ذلك في الشكل (6-5-أ) حيث تقترب نهايتا الانحناء (A وB) من بعضهما بمرور الوقت باستمرار عمليات التآكل والترسب في النهايتين حتى تلتقيا ويتصل مجرى النهر ويلغى الانحناء. الا ان عملية التقاء النهايتين وحذف الالتواء جانباً قد تأخذ وقتاً طويلاً يصل الى عشرات السنين. عليه يفضل اجراء القطع عملياً كما في الشكل (6-5-ب) ومن الضروري اجراء القطع عملياً في الحالات التالية:-

1- عندما تكون سعة التصريف في الالتواء اقل منها في بقية اجزاء المجرى.

2- عندما يكون تنفيذ القطع اقتصادياً اقل كلفة من زيادة التصريف في الالتواء بالعمليات الاخرى كالتوسيع او التعميق او عمل السداد الجانبية.

3- عندما لا تؤثر عملية القطع على المنطقة المحيطة وخصائص النهر بصورة عامة.



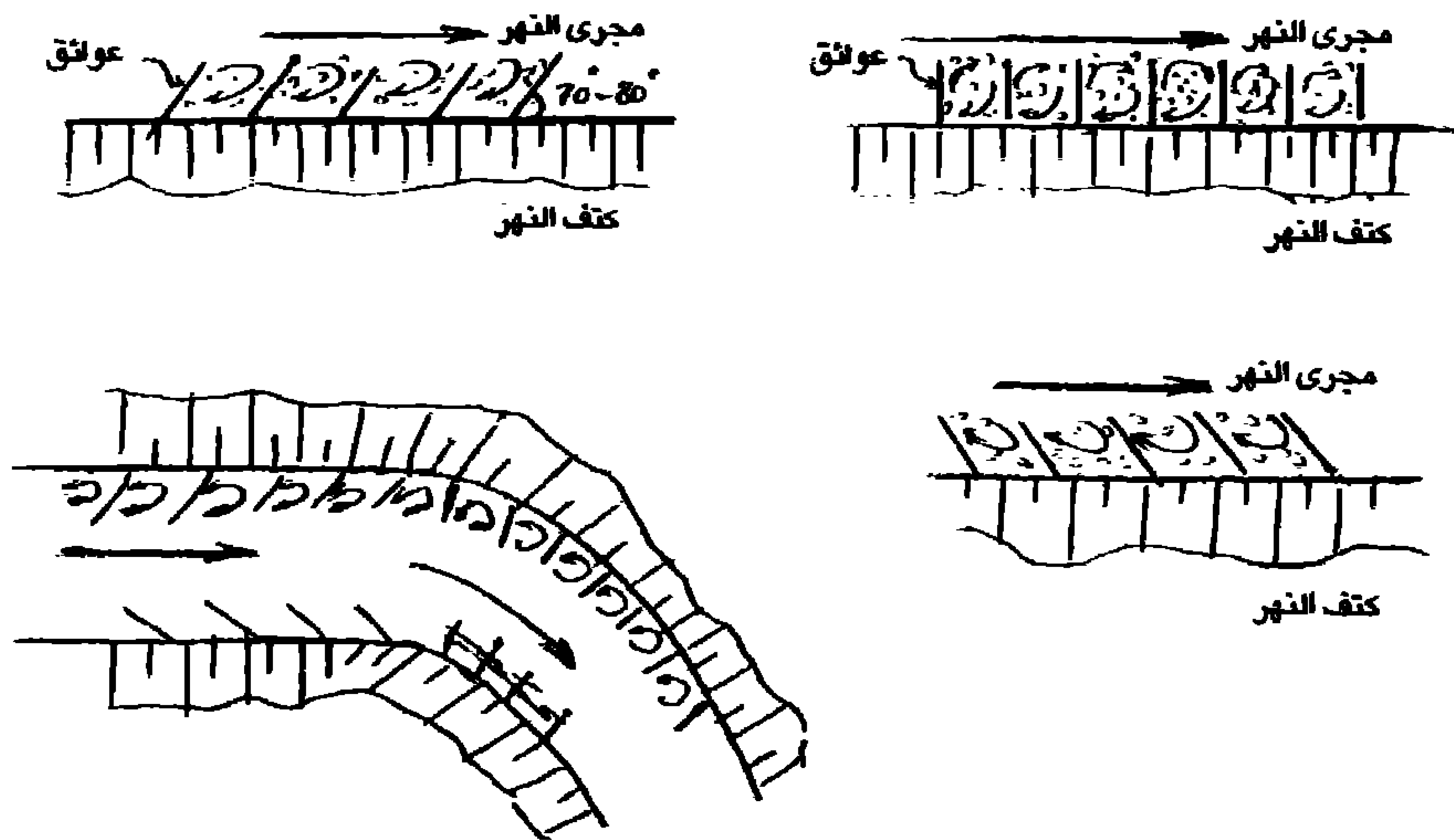
الشكل (6-5) ازالة الالتواءات

4-6 حماية اكتاف الانهار (Bank protection)

تتعرض اكتاف الانهار (جوانب المقطع) الى التآكل والتعرية عندما تحدث الالتواءات في مجرى النهر حيث يعترض جانب النهر الخارجي مجرى المياه فيكون مضرباً للتيار السريع مما يؤدي الى تآكله المستمر في حين يتعرض الجانب الداخلي من الانحناء الى عملية ترسيب نتيجة لابتعاده عن مركز التيار وتستمر العملية (التآكل في الجانب الخارجي من الانحناء والترسب في الجانب الداخلي منه) حتى يغير النهر مجراه بين فترة واخرى أو قد يؤدي الى حدوث كسرة كبيرة في كتف النهر المتآكل اثناء الموجة الفيضانية. وطغيان المياه على المناطق المجاورة.

ولاجل الحد من هذه العملية ومنع التآكل في اكتاف النهر المنحنية تتخذ اجراءات معنية لحماية هذه الاكتاف. ومن الطرق الشائعة لحماية جوانب النهر من التآكل ما يلي:

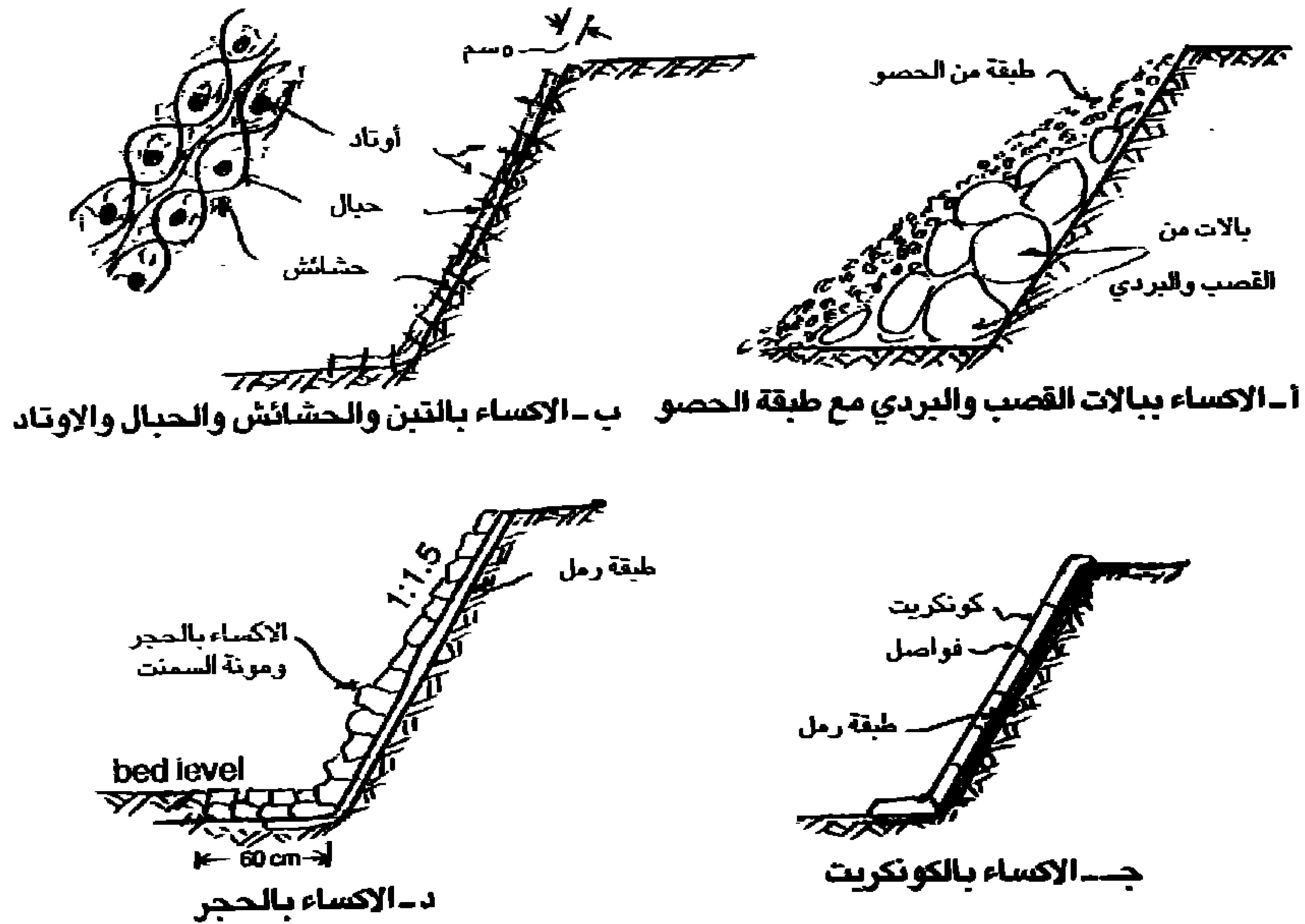
1- اعاقة الجريان على طول الكتف المقعر الذي تحدث فيه عملية التآكل ويتم ذلك بانشاء وتثبيت عوائق من الخشب او سيقان الاشجار او الصخور، وتستعمل احياناً عوائق من الحديد. وتعمل هذه العوائق على تقليل سرعة التيار على طول الكتف المقعر. وتعتمد طريقة تثبيت هذه العوائق ونوعها على مقدار الانحناء (زاويته)، شدة التيار، ونوع التربة التي تكون كتف النهر. ويلاحظ في الشكل (6-6) كيفية تثبيت العوائق ومواقعها بالنسبة لمجرى النهر.



الشكل (6-6) عوائق تمنع تآكل اكتاف الانهار

2- اكساء جوانب النهر: يتم اكساء اكتاف الانهار المنحنية لحمايتها من التآكل بعدة طرق منها الاكساء ببالات من النباتات كالقصب والبردي وتغطى

هذه البالات بطبقة من الحصو لمنعها من الانجراف مع التيار (الشكل 6-7-أ). كما يتم الاكساء بالحجر ومونة السمنت (الشكل 6-7-ب) . ويتم كذلك بدق الاوتاد على شكل خطوط على طول الجانب المتعرض للتآكل وتربط هذه الاوتاد مع بعضها بالجبال او الاسلاك وتفرش قبل ذلك طبقة من التبن او الحشائش لتكون الاوتاد مع الحبال شباكاً لتثبيت هذه الطبقة التي غالباً ما يكون سمكها 5 سم. وتزرع جوانب الانهار بالنباتات والحشائش في بعض الحالات وتثبت بمثل هذه الشباك (الشكل 6- 7- حـ) . كما يتم الاكساء بطبقة من الكونكريت المسلح حيث يتم تهيئة الجانب وتسويته ودكه جيداً ثم توضع طبقة من الرمل توضع فوقها شبكات من التسليح (wire mesh BRC) ثم يتم صب طبقة الكونكريت وتترك فواصل بين قطع الكونكريت بمقدار إنج واحد تملأ بمادة عازلة (الشكل 6-7- د).



الشكل (6-7) طرق اكساء جوانب النهر

5-6 ادارة ضفاف الانهار

يقصد بضفاف الانهار هنا شريحة الارض المحاذية للنهر والموازنة لمجراه والتي يصل عرضها الى كيلو متر واحد او أكثر من حافة النهر وتمتد على طوله ومن كلا جانبيه.

ان مثل هذه المناطق تأتي بالدرجة الثانية من حيث اهميتها (بعد مناطق التغذية) في السيطرة على الفيضان والتقليل من مخاطره . ومن الضروري تناول مناطق الضفاف وكيفية ادارتها لاجل المساعدة في الحد من آثار الفيضان لان هذه المنطقة ستكون ضحية من ضحايا الفيضان من ناحية وستكون من العوامل المساعدة على زيادة خطر الفيضان واثاره من ناحية اخرى اذا ما تركت على طبيعتها.

وفيما يلي بعض الامور التي يجب اخذها بنظر الاعتبار في اعمال السيطرة على الفيضان في مناطق الضفاف:

1- المنشآت الموجودة والمقترحة على امتداد مجرى النهر:-

وتتضمن مثل هذه المنشآت: محطات الضخ والمضخات المنصوبة او التي سيتم نصبها على مجرى النهر، مآخذ (inlets) القنوات والانهار الصغيرة المتفرعة من النهر، الجسور المنشأة على النهر، مشاريع تصفية الماء الصالح للاستعمال البشري والصناعي، الى غير ذلك. وان الكثير من هذه المنشآت يصمم وينفذ دون الاخذ بنظر الاعتبار عامل الفيضان ومدى صمودها اثناء الموجات الفيضانية العالية، مما يؤدي الى انهيار قسم منها وحدوث كوارث فيضانية واقتصادية كثيرة.

ولاجل تجنب مثل هذه الحالات يجب عدم اقتراح او تنفيذ اي منشأ على ضفاف الانهار سواء كان مستفيداً من مياهه ام لا الا بعد موافقة الجهات الفنية

المسؤولة عن ادارة مجرى النهر وضفافه حيث يتم فحص تصاميم تلك المنشآت لملاحظة مدى مقاومتها فيما لو نفذت امام اعلى موجة فيضانية متوقعة كما يجب ان يكون التنفيذ باشراف فني مباشر من قبل ادارة النهر. ويفضل ان تبتعد كافة المنشآت المقترحة قدر الامكان عن ضفاف الانهار لاحتمال انشاء سداد ترابية جانبية على الضفاف لزيادة مقطعها كمجرى اضافي لمجرى النهر الاصلي لاستيعاب مياه الفيضان.

2- ديموغرافية المنطقة:

ان التوزيع السكاني على ضفاف الانهار يعتبر ذا تأثير مباشر على عمليات السيطرة على الفيضان فهو يعيقها من ناحية ويمكن ان يكون عاملاً مساعداً للسيطرة من ناحية اخرى. فالتجمعات السكانية على امتداد الضفاف مهددة دوماً وفي كل الاحوال بخطر الفيضان وتحتاج الى عناية خاصة وتركيز في اعمال حمايتها. اضف الى ذلك إمكانية ان تكون عائقاً في مسار السداد الترابية الجانبية الواقية من الفيضان أو طرق المراقبة القريبة من الانهار، كما تعيق عمليات توسيع مجرى النهر او تنظيفه ومرور الاليات والمعدات اثناء أعمال الصيانة والسيطرة. في حين يمكن الاستفادة من هذه التجمعات السكنية للحصول على الايدي العاملة الضرورية اثناء عمليات السيطرة على الفيضان والتي يمكن ان تتواجد طيلة ساعات اليوم لقرب مناطق السكن من مواقع العمل، كما يمكن الاستفادة من الساكنين فيها في اعمال المراقبة اثناء الموجات الفيضانية وخصوصاً اثناء الليل.

وعموماً يفضل عدم تشجيع السكن على ضفاف الانهار والابتعاد عنها قدر المستطاع لان الاضرار المحتملة تفوق الفائدة المرجاة منها.

3- **الطرق المحاذية للانهار**

يعتبر توفر الطرق المحاذية للانهار على امتداد مجاريها من اهم العوامل فعالية في المساعدة على السيطرة على الفيضان. اذ ان أعمال السيطرة تحتاج الى سرعة التواجد بل التواجد الفوري في مناطق الخطر لمعالجة الموقف اثناء حالات الطوارىء . ويجب ان تكون مثل هذه الطرق سالكة وجيدة وليس فيها انقطاعات على طول النهر قد تعرقل المرور اثناء اعمال السيطرة .

4- **يفضل ان تزرع ضفاف الانهار بالمحاصيل الموسمية** وتجنب زراعتها بالاشجار المعمرة لاحتمال تعرضها للفيضان والتلف حيث يكون مقدار الخسارة اكثر مما لو كان المحصول موسمياً يمكن جنيه قبل موسم الفيضان. اضافة الى ان النباتات والاشجار الكبيرة يمكن ان تكون عاملاً معرقلاً للحركة والمناورة السريعة في اعمال السطرة.

الفصل السابع

أعمال السيطرة في موسم الفيضان

7-1 مقدمة

عند التطرق للأعمال الضرورية الواجب القيام بها عند بدء موسم الفيضان يفترض ان تكون هناك منشآت منفذة قائمة للحماية والوقاية من الفيضان والسيطرة عليه، ومن تلك المنشآت التي يستلزم وجودها السدود والخزانات الكبيرة في مناطق التغذية والخزانات والمنخفضات والبحيرات في احواض الانهار، والسداد الترابية الجانبية والمصارف والمبازل في احواض من الانهار، والسداد الترابية الجانبية والمصارف والمبازل والنواظم القاطعة ...الخ.

ويتعين وضع خطط مسبقة دقيقة لكيفية ادارة تلك المنشآت وتوظيفها واستغلالها بافضل صورة في السيطرة على الفيضان. وتعتمد تلك الخطط في وضعها على المعلومات والبيانات الخاصة بالمنطقة التي يفترض توفرها ومنها: اعلى فيضان متوقع، الطاقة الاستيعابية القصوى لجميع الخزانات والسدود والبحيرات والمنخفضات الموجودة، الطاقة الاستيعابية القصوى للأنهار وتفرعاتها وشبكات الري والبزل الموجودة، مقدار الاستهلاك الكلي من المياه للأغراض البشرية والزراعية والصناعية وغيرها، الامكانيات الموجودة من الكادر الفني والآليات والمبالغ النقدية التي ترصد لاغراض السيطرة على الفيضان، الى آخره من المعلومات التي تفيد في اعمال الفيضان.

7-2 أعمال الكشف والاستطلاع

يبدأ موسم الفيضان عادة مع بدأ موسم الامطار ونوبان الثلوج، وإن توقيت ذلك يختلف بين منطقة واخرى وهو معلوم لكل منطقة.

يفضل الكشف والاستطلاع قبل بدء موسم الفيضان بفترة مناسبة تكفي لاتخاذ وتنفيذ الاجراءات الضرورية . و يجرى الكشف الموقعي الدقيق على كافة

المنشآت التي يمكن الاستفادة منها في السيطرة على الفيضان، وفحص مدى متانتها ومقاومتها لاية موجة متوقعة وملاحظة كافة الاضرار والنواقص الموجودة فيها لغرض اصلاحها وصيانتها وتجهيزها لاستقبال الفيضان. ويمكن ايجاز أهم اعمال الكشف والاستطلاع بما يلي:

1- الكشف والاستطلاع على خزانات المياه وسدودها والمنخفضات والبحيرات، فبالاضافة الى فحص منشآتها كالسداد والنواظم وغيرها وصيانتها وتجهيزها للعمل بصورة كاملة يجب اتخاذ الاجراءات التالية:

أ- قياس حجم المياه المخزونة فيها وحجم المياه التي يمكن تخزينها اثناء الفيضان وحجم المياه التي يمكن تفريغها قبل التخزين عند الفيضان.

ب- فحص نوعية المياه المخزونة ومدى صلاحيتها للأغراض البشرية والزراعية والصناعية فاذا كانت غير صالحة يمكن تفريغها والتخلص منها فوراً دون الانتظار لمعرفة فيما اذا كان الموسم المقبل موسم جفاف او فيضان.

جـ- ازالة كافة المعوقات التي يمكن ان تعرقل عمليات التفريغ والتخزين كتنظيف القنوات الخاصة بتغذية الخزانات وقنوات اطلاق المياه عند التفريغ.

2- كشف واستطلاع السداد الترابية الجانبية للانهار وتفرعاتها والقنوات والمبازل التي قد تستعمل لتصريف مياه الفيضان، لغرض تحديد المناطق الضعيفة وفحص المناسيب لها وتحديد النقص في المنسوب وطول السداد التي تحتاج الى تعلية ترابية مقارنة بمنسوب اعلى فيضان متوقع اذ يجب ان لا يقل منسوب السداد الترابية عن 50 سم فوق اعلى منسوب للفيضان. وتحسب الكميات الترابية اللازمة للتعلية لغرض تنفيذها والوصول بمنسوبها الى المنسوب المطلوب.

كذلك يجب ملاحظة اي تشقق او تآكل في السداد وجوانبها نتيجة الانزلاقات او التعرية والبحث بصورة دقيقة عن أوكار وكهوف الحيوانات البرية والقوارض

في جسم السداد وتتخذ الاجراءات المناسبة لمعالجتها وغلقها بصورة جيدة ومكافحة القوارض والحيوانات البرية والحيلولة دون تعايشها في جسم السداد.

3- الاستطلاع والكشف على مناطق تراكم الثلوج في مناطق التغذية وغيرها لمعرفة عمق وكثافة الثلوج المتراكمة وحجم المياه التي تتولد من نوبانها نتيجة الامطار أو غيرها من عوامل نوبان الثلوج.

4- اجراء جولات ميدانية في كافة المناطق لتحديد القيمة الاقتصادية لموجودات المناطق بحيث يمكن التضحية بالمناطق ذات القيمة الاقل عند ورود موجة فيضانية عالية جداً لا يمكن استيعابها والسيطرة عليها دون توجيه اجزاء منها الى المناطق الاقل اهمية بحيث يتم تشتيت وبعثرة اجزاء كبيرة من هذه الموجة في المناطق المنخفضة كالاهوار والبحيرات والاراضي الملحية غير المزروعة والمناطق البعيدة عن المدن وفي هذه الحالة يمكن التخلص من خطر الموجة بأقل الخسائر.

3-7 التخلص من المياه الزائدة قبل الفيضان

المياه الزائدة عن الحاجة قبل بدء موسم الفيضان يمكن ان تكون صالحة للاستعمال ويمكن ان تكون غير صالحة.

اما المياه الزائدة والغير صالحة للاستعمال فانها تتواجد دائماً في المبازل والمنخفضات السطحية والاهوار والاراضي الملحية غير المستصلحة والمياه الارضية وقسم من المياه الجوفية. ويغلب الظن عند الكثيرين من العاملين في الفيضان وغيرهم بان لاعلاقة لهذه المياه بالفيضان لا من قريب ولا من بعيد . الا ان العكس هو الصحيح، اذ ان هذه تشغل حيزاً كبيراً من اليابسة يمكن الاستفادة منه كخزان هائل لاستيعاب جزء كبير من مياه الفيضان.

فلو تم احصاء المياه السطحية الزائدة والغير صالحة بحساب حجم البحيرات والمنخفضات والاهوار وشبكات البزل، فان مجموع حجمها سيكون حتماً بكمية كبيرة قد تساوي حجم مياه موجة فيضانية بأكملها، فلو امكن التخلص من هذه المياه قبل موسم الفيضان لحصلنا على رصيد قوي من الاحتياطي لاستقبال مياه الفيضان النقية فيها.

والمياه الارضية والجوفية الزائدة والغير صالحة هي الاخرى ذات حجم كبير تشغله دون ما فائدة بين دقائق التربة وطبقاتها. فلو علمنا ان نسبة الفراغات بين دقائق التربة تتراوح بين 53٪ من حجم التربة الطينية الى 38٪ من حجم التربة الرملية تقريباً فان هذا يعني ان متراً مكعباً واحداً من التربة يحتوي على 0.53-0.38 متر مكعب من المياه اذا كانت التربة مشبعة اي ان كيلومتراً مربعاً واحداً من التربة بعمق متر واحد عند تشبعها بالمياه فانه سيحتوي على:

1000000 × 53٪ = 530.000 متر مكعب من المياه للتربة الطينية .

1000000 × 38٪ = 380000 متر مكعب من المياه للتربة الرملية .

هذا فقط لعمق متر واحد من التربة فاذا اضيف اليه اعماق اخرى لطبقات التربة العميقة وصولاً الى المياه الجوفية فان الرقم سيكون هائلاً جداً.

ان ايقاف عمليات الري قبل وصول الموجة الفيضانية في الاراضي الزراعية في مناطق التغذية وفي احواض الانهار بفترة قليلة وسحب المياه الارضية بواسطة شبكات من قنوات البزل وتخفيض مستوى الماء الأرضي (Water table) وتقليل الرطوبة في التربة قدر المستطاع سيوفر خزانات احتياطية كبيرة تستوعب مياه الفيضان دون اخطار او اضرار تذكر.

ان التخلص من هذه المياه في اي وقت كان ليس مفيداً لاغراض السيطرة على الفيضان وحسب بل يفيد كثيراً في تحسين بناء وخواص التربة وزيادة خصوبتها للاغراض الزراعية وزيادة مقاومتها للأعمال الانشائية .

أما المياه الزائدة والمفيدة والمخزونة عادة في الخزانات الكبيرة في مناطق التغذية او في احواض الانهار فان تفريغها وتصريفها يحتاج الى ترو ويتم وفق حسابات دقيقة. ان التفريغ الكلي للمياه المخزونة الصالحة مع تأخر موسم الفيضان او عدم حدوثه كلياً ومجيء موسم جفاف يمكن ان يؤدي الى كارثة بشرية وزراعية لان هذه المياه تعتبر خزيناً ستراتيجياً ينبغي عدم التفريط به على عجلة من الامر وان خسارتها ونتائجها قد تفوق خسائر الفيضان نفسه.

فكما تبنى الحسابات والخطط والتهيؤ للفيضان بموجب اعلى فيضان محتمل يجب ان تبنى الحسابات والخطط الخاصة بتفريغ الخزانات واطلاق المياه على اساس أسوأ موسم جفاف متوقع يمر في المنطقة.

وعليه يجب ان يكون التفريغ تدريجياً بحيث ان المخزون الكلي المتبقي زائداً اقل كمية يمكن ورودها خلال الموسم يكفي لسد الحاجة خلال الموسم المقبل وهكذا.

4-7 اعداد الكادر الفني المتخصص

لا يخفي على احد اهمية التخصص في نجاح اي عمل وخصوصاً اذا كان العمل يتعلق بحياة الانسان مباشرة. والفيضان من الاخطار التي تواجه حياة الانسان وممتلكاته وان اي خطأ بسيط يمكن ان يسبب كارثة انسانية.

ومع الاسف لم يتوفر لحد الآن تخصص دقيق بأعمال الفيضان حتى عند المهندسين العاملين في ميادينه. اذ ان المتخصص بأعمال الفيضان يجب ان يكون لديه المام واسع بعلوم الهيدرولوجيا والري والموارد المائية والتربة والزراعة إضافة للأعمال الانشائية. فتجد العاملين في الفيضان اما من الهيدرولوجيين او من المهندسين المدنيين وكلاهما ليس لديه الرصيد العلمي والعملي الذي يعينه في

عمله كمهندس لاعمال السيطرة على الفيضان. ان هذا الواقع هو أحد الاسباب الرئيسية التي جعلت السيطرة على الفيضان من الاعمال المعقدة والغير ناجحة في معظم الحالات حتى في الدول المتقدمة في العالم.

يمكن اعداد كادر فني متخصص بأعمال الفيضان من المهندسين والفنيين وتنمية خبرتهم وتجاربهم عندما يتوفر الاستعداد والنية الجادة لايجاد مثل هذا الكادر.

ينسب العدد الكافي من المهندسين والفنيين ذوي الاختصاصات المتعلقة بأعمال الفيضان كمهندسي الموارد المائية والري والتربة والزراعة والانشاءات وغيرهم للعمل في ميدان الفيضان واناطة مسؤوليته بهم.

ويتم البحث عن الخبرات والتجارب العملية الخاصة بالفيضانات وجمعها بالاقتناء والدراسة او بأية وسيلة سواء كانت مكتوبة على شكل مؤلفات او مقالات او من اصحابها مباشرة، حيث تتضمن هذه الخبرات والتجارب دراسة حية واقعية عن سبل التنبؤ والوقاية والسيطرة على الفيضان تضاف الى ما يملكه الكادر من رصيد علمي وعملي ، وبذلك يتم تنمية هذا الرصيد وتعميقه بمرور الوقت، حتى وان تطلب الامر ايفاد وجبات دورية من المنسبين لاعمال الفيضان الى البلدان التي يحتمل توفر الخبرةوالتجربة لديها في هذا المجال او استدعاء ذوي الخبرة والتجربة الى البلد لالقاء المحاضرات واقامة الدورات التدريبية والتعليمية في مجال الفيضان. وهكذا يمكن تطوير الخبرات وزيادة التخصص.

ومن الصفات المهمة التي يجب توفرها لدى الكادر المتخصص بأعمال الفيضان هو الشعور بالانسانية والمسؤولية معاً وانه نسب لهذا العمل لا لأجل انجازه مقابل اجر معين بل ان تتوفر لديه القناعة التامة بان عمله هذا إنساني

وهو مسؤول عن حماية الاخرين وممتلكاتهم كأمانة يجب الحفاظ عليها. ويجب تنمية هذا الشعور لدى العاملين في الفيضان الى درجة تجعل لديهم الاستعداد للعمل كمتطوعين او حتى الاستعداد للتضحية اذا تطلب الامر. ان هذا الشعور لا يدفع اصحابه للعمل بنشاط فقط بل ارهاق النفس في البحث والدراسة لتنمية الخبرة وابتداع السبل الكفيلة بالسيطرة على الفيضان. وبذلك نضمن الامانة والاخلاص في العمل اضافة للخبرة المتزايدة.

5-7 استنفار العاملين والآليات

عند بدء موسم الفيضان تحدد حركة العاملين والمكلفين بأعمال الفيضان واذا لم ينسب أو يكلف كادر بتلك الاعمال فانه يتم تكليف دوائر الري التابعة للدولة بأعمال الفيضان وتمنع الاجازات الطويلة بالنسبة لموظفي الدولة في هذه الدوائر، وتثبت عناوين العاملين في القطاع الخاص الذين لديهم خبرة وممارسة في اعمال الري بغية الاستفادة منهم عند الضرورة.

اجراء عملية جرد لكافة الآليات المتوفرة لدى دوائر الري كالشفلات والبلدوزرات والكريدرات والحفارات والسيارات الناقلة القلابة. وتصليح العاطل منها وصيانتها وتجهيزها للعمل في اي وقت وتحديد حركتها ايضا، ويكثف تواجد الآليات في اماكن الخطر لاختصار الوقت. كما تثبت عناوين اصحاب مكاتب تأجير الآليات الخاصة واماكن تواجدها لتأجيرها واستغلالها في اوقات الطواريء.

يتم اعلام الدوائر الحكومية الاخرى ببدء موسم الفيضان كالجيش والشرطة والدفاع المدني والهلال الاحمر للاستعانة بهم واشراكهم في عمليات السيطرة والانقاذ.

يدخل كافة المكلفين بالسيطرة على الفيضان في حالة انذار وتهيؤ طيلة موسم الفيضان ويقسم الانذار الى ثلاث درجات : أ، ب، حـ.

الانذار (أ):

وهو اقل الدرجات الثلاث ويكون عند بدء موسم الفيضان وفيه يمكن للكادر المسؤول التحرك بحرية خارج قطرات السيطرة بعد أوقات الدوام الرسمي او التمتع باجازات قصيرة. وفي هذه المرحلة من الانذار يتم مراقبة واستطلاع المنشآت مرة واحدة لكل 3-5 ايام.

الانذار (ب):

وهو الانذار المتوسط ويدخل فيه العاملون عند التأكد من وجود موسم فيضان بورود كميات غير اعتيادية من المياه في الأنهار وهطول امطار غزيرة ولفترة غير قصيرة وارتفاع مناسيب المياه في الانهار فوق المناسيب التصميمية او التشغيلية لتلك الانهار واقتراب المناسيب من مناسيب الفيضان المعروفة. ويجب مراقبة المنشآت الواقية من الفيضان والمسيطرة عليه كالسداد والخزانات يومياً دون انقطاع ورصد مناسيب الانهار مرتين او ثلاث مرات خلال اليوم الواحد. ويجب تواجد كافة الكادر المسؤول يومياً في مقراتهم اثناء الدوام الرسمي وتنظم خفارات لبقية اليوم يتواجد خلالها الخفراء في مقرات السيطرة وعدم مغادرتها بأي حال لتلقي المكالمات الهاتفية والاتصالات المباشرة مع المقرات الاخرى وخصوصاً مقرات مناطق التغذية للوقوف على آخر التطورات فيها بغية الاستعداد. وتمنع الاجازات الاعتيادية.

الانذار (حـ):

وهو حالة الانذار القصوى وتكون عند بلوغ المياه الواردة لكميات عالية يصاحبها ارتفاع في مناسيب المياه يصل الى منسوب الفيضان وهو أعلى

منسوب متوقع حيث يكون مناسيب السداد الترابية الجانبية للانهار اعلى منه بمقدار لا يقل عن 50 سم، وعندها يتم تكثيف الحركة والمراقبة والصيانة والتواجد في اماكن الخطر على مدى 24 ساعة في اليوم.

6-7 تحسين مجرى المياه في الانهار وشبكات الري والبزل

من الاعمال المهمة التي يجب القيام بها قبل او عند بداية موسم الفيضان هو صيانة شبكات الري والبزل وتحسين مجرى المياه في الانهار الكبيرة لزيادة درجة استيعابها وتصريفها للمياه وازالة كافة المعوقات التي تحد من سرعة الجريان فيها وتجنب الخزن الميت في مقاطع الانهار والمبازل.

ان تطهير الجداول الخاصة بالري وتنظيف المبازل هي اعمال روتينية خاصة بأعمال الري والزراعة ينبغي القيام بها موسمياً بغض النظر عن ظروف الفيضان. وتطهير قنوات الري يعني ازالة الترسبات في مقاطعها والتي تؤدي الى خفض درجة استيعابها للمياه. اما تنظيف المبازل فهو يكون عادة من النباتات النامية فقط لان الترسبات في المبازل قليلة او غير موجودة. وتحسين المجرى في المبازل يساعد كثيراً على عملية امتصاص المبازل للمياه الارضية الموجودة في مقطع التربة المجاورة والعمل على تخفيض منسوب الماء الارضي (water table) فيها استعداداً للاستفادة منها اي (مقاطع التربة الجافة) في خزن مياه الفيضان الواردة خلال الموسم.

7-7 توفير مستلزمات السيطرة على الفيضان

يقصد بمستلزمات السيطرة هنا كافة الموارد والتجهيزات التي يحتاجها العمل في السيطرة على الفيضان والتي يجب ان تجهز وتخزن في المخازن التابعة لمقرات السيطرة واهم تلك المواد ما يلي:

1- اكياس بابعاد من 75-100 سم طول ومن 30-50 سم عرض مصنوعة من الكتان او اية مادة اخرى متينة تتحمل التعبئة بالتراب او الرمل او الحصو والنقل والعمل في المياه تحت ظروف رديئة. كما يجب ان تكون ذات قوة احتكاك كبيرة بحيث لاتنزلق او تتحرك عن موقعها او عن بعضها عند ملئها بالتربة ورصفها داخل او جانب المياه وتشبعها بها. تستعمل الاكياس بعد ملئها بالتربة وشدها وغلقها جيداً في سد الثغرات او عمل الحواجز الاحتياطية او تعلية السداد الترابية او غلق الكسرات المفاجئة في السداد او في اكتاف الانهار . حجم هذه الاكياس يفترض ان يكون مناسباً بحيث يتمكن الشخص العادي من رفعها وحملها والتنقل بها تحت الظروف الصعبة، اي ان العمل بهذه الاكياس سيكون دائما بالايدي اذ لا يمكن استعمال الاليات في مثل هذه الحالات. ان الكمية الواجب توفرها يجب ان لا تقل عن 1000 كيس لكل قعر.

2- الهواليش (سيقان الاشجار) بطول2-3 متر وقطر 5-15 سم وباعداد من 500 الى 1000 هالوش لكل قعر من مقرات السيطرة. تستعمل هذه الهواليش بعد دقها في مقطع التربة بعمق 50سم على الاقل في الكسرة أو الثغرة المراد غلقها عندما يكون تيار المياه الجارية فيها قوياً بحيث يجرف الاكياس الترابية ما لم تسند بالهواليش.

3- الحجر:

ويفضل ان يكون باحجام مناسبة يسهل حملها ونقلها واستعمالها ورصفها بالايدي العاملة. ويستعمل الحجر غالباً في تكسية الاجزاء التي تتعرض للتاكل السريع في السداد او اكتاف الانهار او اية حواجز اخرى للمياه الفائضة. كما يستعمل الحجر لسد الكسرات الحاصلة في السداد واكتاف الانهار بعد جمعها على هيئة كتل كبيرة يصل حجمها الى 1-2 متر مكعب في شباك من الحبال او الاسلاك وإلقائها في الكسرات لتكون مستنداً للاكياس الترابية فيما بعد حيث ترصف بانتظام مقدم تلك الكتل الحجرية. الا ان الاستعمال الشائع للحجر هو

في اعمال التكسية. يجمع الحجر ويخزن في الاماكن المحتمل تعرضها التآكل والتعرية وخصوصاً عند الانحناءات والالتواءات حيث تكون الاكتاف والسداد مضرباً للتيارات المائية السريعة.

4- حبال من الكتان او النايلون القوية والمتينة جداً وباقطار مناسبة تستعمل لاغراض كثيرة كربط الهواليش مع بعضها او مدها من جهة الى اخرى على طول الكسرة لاستعمالها كجسر لعبور العاملين او عمل شباك تعبأ بالحجر أو أكياس التراب... الخ.

5- عربات الدفع اليدوية او الصغيرة ذات المحركات (دمبرات) تستعمل لنقل الاتربة او الحجر او غيرها لمسافات قصيرة او قريبة ضمن موقع العمل في المناطق الضعيفة المحتمل انهيارها.

6- الكرك او المسحاة باعداد مناسبة تستعمل لاغراض الحفر وتعبئة الاكياس بالتربة او عمل فتحات او غير ذلك من الاعمال الضرورية.

7- مطارق خشبية بذراع طوله 1-1.5 متر ورأس خشبي من سيقان الاشجار القوية جداً بقطر لا يقل عن 25 سم تستعمل لدق الهواليش ودك أكياس التربة فوق بعضها ورصفها بانتظام.

8- الخيم ومواد الاغاثة الاخرى تستعمل لاغاثة المنكوبين من الفيضان في احوال عدم السيطرة. وتخزن هذه المواد في مقرات الدفاع المدني والهلال الاحمر.

8-7 تحديد المدن والمجمعات السكنية الاكثر تعرضاً للخطر

ينبغي التأكد من كافة المدن والقرى والمجمعات السكنية والصناعية المهمة القريبة من خطر الفيضان والمهددة اكثر من غيرها والتي يحتمل عدم السيطرة على فيضان المياه عليها. وعلى اساس ذلك يتم تحديد مناطق الاخلاء لكل مدينة

او قرية بحيث يكون الموقع اقرب وافضل وآمن المواقع وتوفر اقصر الطرق الموصلة اليه واستيعابه للكثافة السكانية الموجودة. ويجب ان تكون مواقع الاخلاء امينة من الفيضان اولاً ومن الاخطار الاخرى ثانياً. كما يجب تبليغ اهالي تلك المناطق بخطورة الوضع العام وضرورة نقل ممتلكاتهم الثمينة الى مناطق اكثر أمنا تحسباً لاي طاريء.

9-7 ادارة الاعمال عند ورود موجة فيضان عالية

عند التأكد من ورود موجة فيضان عالية بعد الاخبار عنها من قبل الارصاد الجوية او الكادر المسؤول في مناطق التغذية يجب معرفة كافة التفاصيل عن هذه الموجة اولاً بأول – هذا من جهة ومن جهة ثانية المباشرة بالاعمال التالية:

1- البدء بتفريغ اية مياه مخزونة فوراً وبأقصى سرعة ممكنة حتى وان ادى ذلك الى التفريغ النهائي للخزانات لان المياه الواردة من الموجة الفيضانية كفيلة بالتعويض.

2- تخفيض محتوى الرطوبة ومنسوب الماء الارضي باكبر كمية ممكنة وذلك بايقاف عمليات السقي في الاراضي المجاورة وفتح المنافذ والمصاريف بكل طاقتها لتصريف كافة مياه المبازل مما يساعد على خفض منسوب الماء الارضي. ان ايقاف عمليات السقي للاراضي الزراعية لحين وصول الموجة لا بأس به اذ ان هذه الفترة قد لا تتجاوز الثلاثة ايام وحينها يمكن استئناف عمليات الري من مياه الموجة الواردة ومثل هذه الفترة لا تؤثر على المزروعات القائمة.

3- الدخول في حالة الانذار المتوسط (ب) . حيث يتواجد العاملون او خفراؤهم في مقرات السيطرة على مدى 24 ساعة خلال اليوم وتقسم المناطق المهددة الى مناطق عمل توزع على الكادر المسؤول على شكل قواطع على غرار

الجبهات العسكرية، يكون كل فرد مسؤول مسؤولية تامة عن كل ما يتعلق بالقاطع الخاص به من مراقبة وصيانة وسد الثغرات والكسرات وادارة العمل الى غير ذلك.

ويجب ان تكون الاوامر الصادرة من الرئيس الى مرؤوسيه صارمة وحازمة وتنفذ فوراً دون مناقشة حيث توضع قوانين الطوارىء وتطبق عقوبات استثنائية ضد المخالفين . دون تهاون وان ذلك من أهم الامور الواجب اخذها بنظر الاعتبار.

يقسم كل قاطع الى أقسام ثانوية اخرى وتنصب خيام لكل قسم ثانوي تتواجد فيها المفرزة المسؤولة عن حراسة ومراقبة القسم، يتراوح افراد كل مفرزة بين 4-7 افراد واذا كان القاطع من السداد الترابية يقسم الى مسافات تتراوح بين 500 الى 1000 متر تكون المفرزة مسؤولة عن مراقبة هذه المسافة من السداد وصيانتها وسد الثغرات والفتحات الصغيرة والكبيرة والاخبار فوراً عن اية كسرة يحتمل عدم السيطرة عليها من قبل المفرزة. وتجهز كل مفرزة بمعدات وتجهيزات الفيضان كعربات الدفع اليدوي والمسحاة والكرك والاكياس والهواليش... الخ اضافة الى مصابيح زيتية تستعمل عند المراقبة اثناء الليل. ويقوم افراد المفرزة الذين هم غالباً من افراد الجيش بالسير مشياً على الاقدام على طول المسافة المسؤولين عنها ومن الجهتين بحيث يلتقي افراد المفرزة الواحدة بافراد المفرزة المجاورة من كل جهة وتبادل المعلومات والتعاون والتنسيق على انجاز العمل. وتكون المراقبة مستمرة دون انقطاع على مدى 24 ساعة.

أما اذا كانت المفرزة مسؤولة عن احد المنشآت الاخرى كالسدود والنواظم والخزانات فان عددها يتراوح بين 7-10 افراد وتكون مهمتهم الحراسة والمراقبة والاخبار عن اي طارىء ويفضل تجهيزهم بواسطة نقل سريعة (سيارة).

يقوم الكادر الفني المسؤول بالجولات الميدانية المتكررة لمناطق الخطر بمعدل 2-3 جولات في اليوم بالسيارات والوقوف عند كل مفرزة في كافة اقسام القواطع والاطلاع على الظروف عن كثب وتوجيه التوصيات والتعليمات المناسبة لكل حالة.

4- من الامور المهمة التي تجدر الاشارة اليها والاهتمام بها هي حراسة المنشآت الواقية من الفيضان وحمايتها من اية اعمال تخريبية قد تقوم بها جهات معينة تروم الحاق الضرر بالبلد عامة او بمنطقة معينة وان مثل هذه الظروف ملائمة لمثل هذه الاعمال . ان مثل هذه الجهات قد تكون من خارج البلد او من داخله تعمل لحساب عدو خارجي، وقد تكون لاغراض وعداوات شخصية بين الافراد أو اهالي المناطق المتجاوزة تتحين الفرص لا لحاق الاذى بالفرد او المجموعة الاخرى. وقد تكون من قبل المنتفعين من اعمال النهب والسلب اثناء الكوارث.

5- ان كل ما تقدم من اعمال يجب انجازها قبل وصول الموجة، ومجملها استعداد لاستقبال الموجة الفيضانية والدخول معها في معركة دفاعية داخل القواطع . الا ان هذا قد لا يكفي ويفلت زمام المبادرة ولا نستطيع السيطرة عليها، اذ ينبغي دخول معركة هجومية ضد الموجة قبل وصولها وملاحقتها قاطعاً بعد آخر ومتابعتها وحصرها ومضايقتها حتى الخروج بها من البلد والتخلص من خطرها استعداداً لموجة اخرى.

10-7 تفاصيل عملية التصدي للموجة الفيضانية

1- الحملة الاعلامية: من المعلوم ان من اهم مستلزمات النجاح في السيطرة هي الحملة الاعلامية المكثفة التي تتناسب مع نوع وحجم المعركة. والفيضان عدو غير منظور لا بد من زيادة الوعي العام لدى الناس عن طبيعته واخطاره وطرق مكافحته والتصدي له كل حسب امكانياته العلمية والمادية.

يجب ان تتم الحملة الاعلامية عن طريق كافة وسائل الإعلامية المرئية والمسموعة والصحف والندوات والاجتماعات العامة وخاصة عند توقع وصول موجة فيضان عالية. وينبغي ان تتضمن برامج الحملة فقرات تعليمية عن طرق السيطرة على الفيضان بصورة اجمالية والاخبار عن مواقع الاخلاء وطرق الاسعافات الاولية للغرقى او الجرحى واماكن تخزين المواد الغذائية والدوائية وطرق تخزينها الى آخره من الامور الضرورية. علماً بان ذلك سوف يؤدي الى التقليل من الخسائر الى حد كبير قد يصل الى الصفر بالخسائر بالارواح والى اقل من 25٪ من الخسائر المادية الاخرى.

2- ان افضل طريقة للدفاع هي الهجوم، فالمبادرة الى مهاجمة الموجة في مهدها افضل من الدفاع بعد وصول الموجة وهي في اشدها وان التصدي لها قبل تجمعها افضل ومحاولة تمزيقها وبعثرتها الى اجزاء منفصلة والسيطرة على كل جزء اسهل من التصدي لها وهي قوة واحدة. فيتم توزيع المياه في الوديان والمنخفضات وتشتيتها في الروافد والانهار ومحاولة السيطرة على كل جزء على حدة. ثم متابعة المتبقي من الموجة وتحويل كمية من مياهها الى الخزانات المتقدمة التي سبق وان فرغت من المياه المخزونة وعرقلة مسير الموجة المتبقية والتقليل من طاقتها وسرعتها ومتابعة السير مع الموجة ولا يترك منخفض او خزان او فرع نهري الا واقتطع جزء منها اليه.

3- وبعد بلوغ التخزين اعلى طاقته يحول الجزء المتبقي الى الانهار الفرعية وشبكات الري والبزل بكل طاقتها التصميمية والتي سبق وان تم تحسينها وتجفيف اراضيها بايقاف عمليات السقي كما مر سابقاً. حيث ان هذه الاراضي تعتبر اكبر الخزانات الستراتيجية التي يمكن ان تستوعب اجزاء مهمة من مياه الموجة دون خسائر تذكر.

وفيما يلي جدول يبين الطاقة التخزينية لانواع الترب:

ويلاحظ من الجدول انه يمكن تخزين مياه بمعدل 36٪ من حجم التربة عند تقليل رطوبتها الى نقطة الذبول (permanent wilting point) .

فاذا امكن رفع منسوب الماء الارضي واشباع التربة بالمياه بعمق مقداره 2 متر خلال يومين من مياه الفيضان في الاراضي المجاورة وبعرض 10 كيلومتر من كل جانب من النهر وعلى طول النهر لمسافة 10 كيلومتر مثلاً فان مساحة الارض المشبعة تساوي (10+10) × 10 = 200 كيلومتر مربع.

Soil texture	Inf. rate cm/hr	Total p. space%	Field.Capa ity%	permenan tmW.P%	water stored more than F.C%	water stored at w.p%
Sandy	5.00	38	6	4	32	34
Sandy loam	2.50	43	14	6	29	37
loam	1.30	47	22	10	25	37
clay loam	0.80	49	27	13	22	36
Silty clay	0.25	51	31	15	20	36
clay	0.50	53	35	17	18	36

وحجم التربة المشبعة = 200كم^2 × 2 متر = 400 × 10^6 متر مكعب.

وحجم المياه المخزونة من الفيضان خلال يومين وللمساحة اعلاه سيكون = 400 × 10^6 × 36٪ = 144 × 10^6 متر مكعب.

واذا افترضنا ان سرعة تسرب المياه في التربة هي 2 سم/ساعة.

فان سرعة تخزين المياه في المساحة المذكورة = 200 × 10^6 × 0.02م/ ساعة ×0.36 = 1.44 × 10^6 م^3/ ساعة = 400 م^3/ث لكل 200 كيلو متر مربع.

= 2 م^3/ث لكل كيلو متر مربع من الارض.

ان هذا التصريف يمكن ان يقتطع من التصريف الكلي للموجة الفيضانية فاذا كان التصريف الكلي للموجة الفيضانية 600م^3/ث مثلاً فانه يمكن اقتطاع (400م^3/ث) منه وتوجيهها على مساحة من الارض تساوي $\frac{400 م^3/ث}{2 م^3/ث/كم^2} = 200$ كيلو متر مربع من الاراضي.

ان التصريف المتبقي من مياه الفيضان يمكن أن يبقى جارياً في الانهار والمبازل ليطرح خارجاً في البحار او اية اماكن تصب فيها هذه الانهار.

4- وبعد السيطرة على الموجة الفيضانية وانخفاض المناسيب بعد انتهاء تساقط الامطار بفترة. نبدأ بالاستعداد للموجة المتوقعة الثانية باتباع نفس الخطوات السابقة ومنها تفريغ الخزانات من الفائض عن الحاجة وتجفيف الاراضي... الخ ويستمر العمل عل هذه الخطة طيلة موسم الفيضان دون تلكؤ او تردد او تاخير في اي عملية حتى نهاية الموسم حيث يتم التخزين لسد الحاجة خلال موسم الجفاف القادم.

مثال: حول إدارة اعمال السيطرة على الموجة التالية:

حوض النهر المبين في الشكل (7-1) هو الآن في بداية موسم الفيضان وفي هذا الوقت يفترض ان الخزانين a وb في منطقة التغذية فارغة او على وشك التفريغ الكلي. مساحة منطقة التغذية 8000 كيلومتر مربع، توجد على ضفتي النهر سداد ترابية تجعل من النهر يستوعب أقصى تصريف مقداره 600م^3/ث لحد الكيلومتر (120) منه. الخزان (c) في حوض النهر سعته الخزنية لا تزيد على 12 × 10^{6}م^3/ث كما ان سعة الخزانين a وb لا تزيد على 8 × 10^{6}م^3 لكل منها. من الكم (120) حتى نهاية النهر في الكم 230 لا توجد سداد جانبية وانه لا يستوعب لمليء الخزانات الثلاث (a وb وc) وسد الحاجة من المياه بعد انتهاء موسم الفيضان لحين بدء الموسم الثاني. ورد اتصال من مقري السيطرة 1 و 2 يفيد بان امطار غزيرة بدأت بالهطول في المنطقة وان السيول بدأت بالتجمع واحتمال ورود موجة

الشكل (7-1) مثال توضيحي للسيطرة على فيضان النهر المبين ساحة التساقط 8000 كم2، طول النهر 230 كم.

فيضان، ما هي الاعمال التي يفضل القيام بها لادارة حوض النهر وموجة الفيضان بما يؤمن خطرها اضافة لسد الحاجة من المياه في الموسم الذي يليه؟ اذكر فيما اذا كانت الحالة تستدعي الاستفادة من شبكة المبازل لتصريف جزء من مياه الفيضان. وما العمل لو حدث انهيار في السداد الجانبية للنهر في جزء النهر مقدم الكيلومتر (120)؟

أعمال الادارة والسيطرة:

1- رصد المناسيب وحساب التصاريف وسرعة التيار في كافة مقرات السيطرة (7،6،5،4،3،2،1).

2- بما ان الثلوج المتراكمة تكفي لسد الحاجة بعد موسم الفيضان فان اي خزين في الخزانات الثلاث يمكن تفريغه والتخلص منه استعداداً لاستقبال مياه جديدة من الامطار المتساقطة حالياً. عليه يبدأ التفريغ من هذه الخزانات بأقصى تصريف ممكن.

3- بعد (19) ساعة من بدء التساقط المستمر تم رصد تصريف مقداره 350م3/ث في الكيلومتر (20). مع ذلك يستمر التفريغ من الخزانات لان النهر يستوعب.

4- يتم اشعار المزارعين في حوض النهر بايقاف عمليات السقي للمساعدة في تخفيض رطوبة التربة ومستوى الماء الارضي فيها، بل تغلق كافة المنافذ الخارجة من مجرى النهر من قبل دوائر الري فوراً دون الحاجة الى اشعار. ويسمح بفتح منافذ الري في احد الحالات الثلاث:

أ- بعد مرور ثلاثة ايام من غلقها ، أو

ب- عند توقف الامطار ، أو

حـ- عند الحاجة الى تصريف جزء من مياه الموجة عند وصولها. واذا لم يتم فتح المنافذ بموجب الحالتين (ب أو حـ) فيجب فتحها بعد مرور ثلاثة ايام حتماً للحيلولة دون تضرر المزروعات . واذا توقفت الامطار تفتح المنافذ حسب المعتاد واذا لم تتوقف الامطار ووصلت الموجة وهناك حاجة لتصريف جزء من مياهها في الاراضي الزراعية تفتح المنافذ بمقدار الحاجة. واذا لم تتحقق الحالتان ب و حـ تفتح القنوات بعد مرور ثلاثة ايام حتماً.

5- بعد مرور 38 ساعة على بدء التساقط المطري تم رصد تصريف مقداره (580)م3/ث ومعدل سرعة التيار 0.9م/ث (3.2 كم / ساعة) في الكيلومتر (20) . في هذه الساعة يتم غلق التفريغ في الخزانين a وb ويبدأ التخزين فيهما فوراً للحفاظ على تصريف ثابت لا يتجاوز 600 م3/ث وهو أعلى استيعاب للنهر، ويتم التخزين بمقدار الزيادة بالتصريف. أما في الخزان (2) فيستمر التفريغ لان النهر لا يزال يستوعب لعدم وصول الموجة اليه (الكم 60). وفي هذه الساعة ايضا تبدأ أعمال المراقبة والحراسة والدخول في حالة الإنذار القصوى (حـ) وتوزع مستلزمات الفيضان على المفارز كافة والاعلان عن موجة الفيضان لأخذ الحيطة والحذر وتخزين المواد الغذائية في اماكن آمنة وتوجيه الارشادات والتنبيه الى مواقع الاخلاء الى غير ذلك.

6- بما ان مقطع النهر لحد الكم (120) يستوعب التصريف المار وهو لا يزال اقل من 600 م3/ث ولم يمض من الوقت على غلق منافذ الري سوى 19 ساعة كما أن الامطار لم تتوقف فان أياً من الحالات الثلاث (أ، ب، حـ) لم يتحقق بالنسبة لمنافذ الري اي انها تبقى مغلقة. الا ان مقطع النهر اعتباراً من الكم (120) لا يستوعب سوى 350م3/ث ، عليه لا بد من اقتطاع تصريف مقداره (250)م3/ث من التصريف الكلي الوارد والبالغ حوالي 600م3/ث ، ويبدأ اقتطاع هذا الجزء وتوزيعه على الخزان (2) والقنوات المتفرعة من النهر عندما تصل موجة الفيضان اليها، فاذا افترضنا ان سعة قناة التغذية للخزان 2 هي 100م3/ث فان المتبقي من الـ (250م3/ث) الواجب اقتطاعها هو 150م3/ث يفضل ان توزع على القناتين C_2 وC_3 دون القناة C_1 وذلك لسببين هما: ان النهر لا يزال يستوعب هذا اولاً وان تاخير سقي الاراضي لفترة اخرى في القناة C_1 يساعد على زيادة الرطوبة التي تفقدها اراضيها ثانياً اضافة الى ان الموجة لم تصل القناتين C_2 وC_3 الا بعد فترة من وصولها C_1 فهي ايضاً تبقى مغلقة

لحين وصول الموجة. اما لماذا لا توزع هذه الكمية على القناتين C_2 وC_3 فلأنهما تقعان مؤخر الكم (120) حيث لا يستوعب النهر أكثر من 350م3/ث. ولماذا لا توزع الكمية على كل القنوات لان ذلك يعني ان نفقد السعة التخزينية الاحتياطية كلها عليه يجب ان يبقى قسم من القنوات مغلقاً تحسباً لورود الكميات الفائضة لمدة اطول وعندها تفتح بعد استنفاد السعة التخزينية لاراضي القناتين C_2 وC_3. اذن لا بد من طرح تصريف مقداره 150م3/ث. خارج مقطع النهر من خلال القناتين C_2 وC_3. فاذا اعتبرنا ان معدل تسرب المياه داخل التربة هو 0.5 سم / ساعة على أقل تقدير للأراضي الطينية فان كل كيلومتر مربع من التربة الطينية يستوعب $\frac{1}{2}$م3/ث عليه نحتاج الى مساحة من الارض الزراعية = $\frac{150}{0.2} = 300$ كيلو متر مربع لتصريف (150م3/ث). توزع هذه المساحة على القناتين بتصريف $\frac{150}{0.5} = 75$م3/ث. لكل قناة فيكون حصة كل قناة من الاراضي التي يجب ان تغمر بالمياه لتسريبها في تربتها هي 150 كيلومتر مربع اي بشريط من الاراضي عرضه 5 كيلومتر من كل جانب للقناة وطول 15 كيلومتر. هذه المساحة تكفي لاستيعاب التصريف المطلوب طرحه خارج النهر لمدة 24 ساعة لاشباع 12 سم فقط من عمق التربة باعتبار معدل التسرب هو 0.5 سم في الساعة للتربة الطينية. وبذلك تؤمن استيعاب النهر للتصريف المتبقي (350م3/ث). لمدة تزيد على 24 ساعة ويمكن مضاعفتها الى 48 ساعة اذا اشبعنا 24 سم من التربة.

7- فيما لو حدث انهيار في السداد الجانبية لسبب ما في احد النقاط من الكم (20) الى الكم (120) يتم فتح وتصريف جزء مناسب من المياه في واحد أو أكثر من القنوات لتخفيف الضغط على موقع الكسرة حتى يتم السيطرة عليها وغلقها جيداً.

8- من خلال المعلومات الواردة من مقرات السيطرة 1 و 2 علم ان مقدار الخزن في الخزانين a و b هو بمعدل 50 م3/ث لكل منها اي ان مجموع التساقط

المطري في منطقة التغذية هو (600 + 50+50) = 700 م3/ث كما علم انه بعد (70) ساعة توقف المطر. في هذه الحالة يمكن اطلاق المياه في كل قنوات الري حسب التصريف المطلوب لاعمال الري فقط وليس لاعمال الفيضان كما يمكن ان تبقى مغلقة حسب الحاجة، وذلك لتحقق الحالة (ب) وهي توقف المطر، على أن يكون مجموع التصاريف المطلقة لا تقل عن 150م3/ث لان التصريف الكلي لا يزال 600م3/ث حتى وان توقف المطر، ويبقى كذلك حتى ينفذ الخزين المتجمع في منطقة التغذية ومقطع النهر من K6 الى K120. وفي هذه الساعة يتوقف الخزن او يقل تدريجياً في الخزانين (a) و (b) بل ويبدأ اطلاق المياه منهما بمعدل النقص عن التصريف 600م3/ث ويستمر التفريغ حتى انتهاء الخزين لاستقبال موجة اخرى محتملة، وعلى افتراض ان الخزن فيها استمر (6) ساعات بعد توقف المطر حتى انحسار التصريف الى ما دون 600م3/ث، فان مقدار الخزين لكل منهما خلال العاصفة المطرية = (70 ساعة +6 ساعات – 38 ساعة) × 50م3/ث × 3600 = 38 ساعة × 3600× 50 = 6.84× 10^6 متر مكعب

وهو أقل من سعة الخزان (a) أو (b) اي انهما يستوعبان كمية أكثر لو استمر المطر .

9- يستمر الخزن في المنخفض c بنفس المعدل (100م3 /ث) ويبدأ بالتفريغ ايضاً بمعدل النقص في التصريف عند مؤخر الكم (120) والبالغ (350 م3/ث) ويستمر الخزان والتفريغ في الخزان (2) حتى عودة التصريف الى ما كان عليه قبل العاصفة وذلك لتحسين نوعية المياه بالتخلص من المياه القديمة . بل يستمر التفريغ الى ان تنتهي المياه المخزونة لاستقبال موجة جديدة.

يلاحظ أن التخزين في المنخفض C لم يبدأ مع بدء هطول الامطار لأن الموجة لم تصل بعد ويبدأ بعد مرور فترة = $\frac{\text{60كم -20كم}}{\text{3.2كم / ساعة}}$ = 12.5 ساعة

بعد الساعة 38 عندما تم رصة تصريف مقدار 580م^3 / ث)

وكـان مـقـدار الميـاه التي خـزنت فـيـه حـتى توقف المطر =(70-38-12.5) × 3600×100م^3 /ث = 7.02×10^6 متر مكعب وهو أقل من سعته التخزينية

10- يلاحظ أنه قد تم الاستفادة من كافة المنشآت المتوفرة لاغراض الخزن والتفريغ ونقل المياه ومحاصرتها الى غير ذلك من اعمال السيطرة والمناورة حتى انتهاء الموجة بسلام. إلا أن القنوات الخاصة بالمبازل لم تستغل بصورة مباشرة حيث لم يتم تحويل جزء من مياه الموجة الى المبازل لعدم الحاجة لذلك . ولكن اذا استمرت العاصفة المطرية لمدة أطول في هذه الحالة يمكن استغلالها .

7-11 معالجة الكسرات والانهيارات في السداد الترابية

يمكن تصنيف الانهيارات والكسرات في السداد الترابية وفق الاسباب التي تؤدي الى حدوثها وكما يلي :

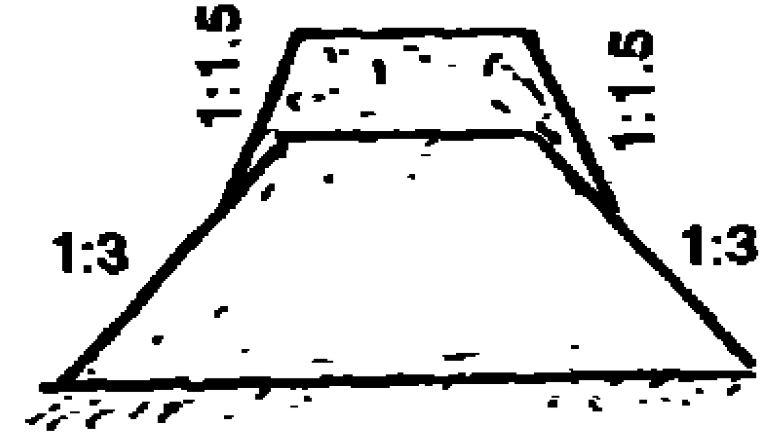
1- الانهيار نتيجة طغيان المياه فوق السداد (over topping) ويعالج بأحدى الطرق الآتية :

أ- يتم رفع منسوب السداد بأضافة سدة ترابية فوقها بميل جانبي أقل . (الشكل 7- 2 - أ)

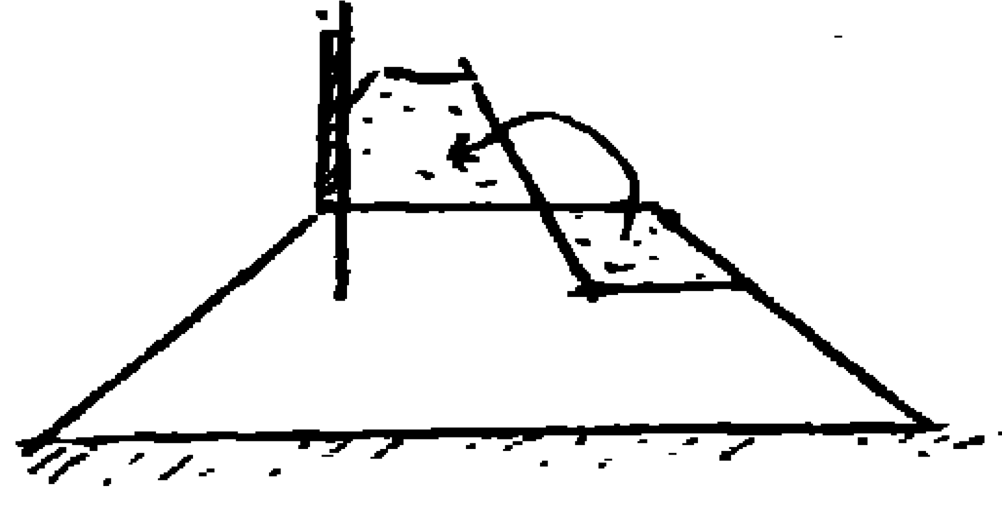
ب - إضافة سدة ترابية مسنودة بجدار خشبي وتؤخذ التربة المضافة من جسم السداد الاصلي من الجانب المواجه لليابسة (الشكل 7-2-ب)

جـ- اضافة سدة ترابية فوق السداد تسند بأكياس ترابية (الشكل 7-2-ج).

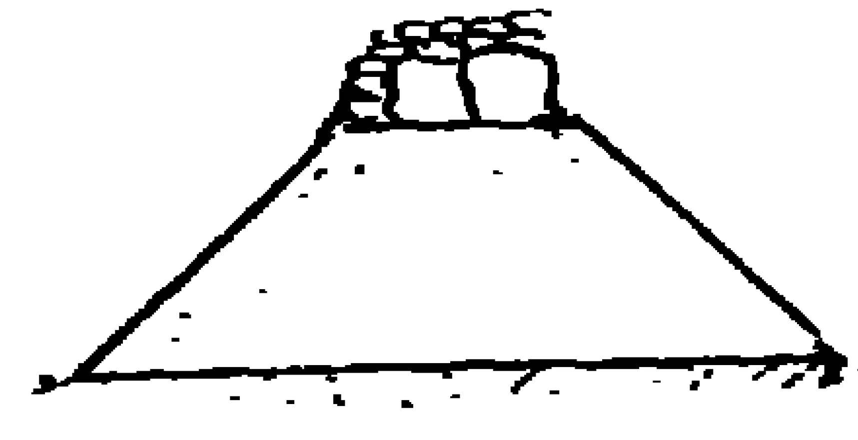
د- اضافة بالات من الصخور او مواد اخرى وتغلف بأكياس ترابية (الشكل 7-2-د).



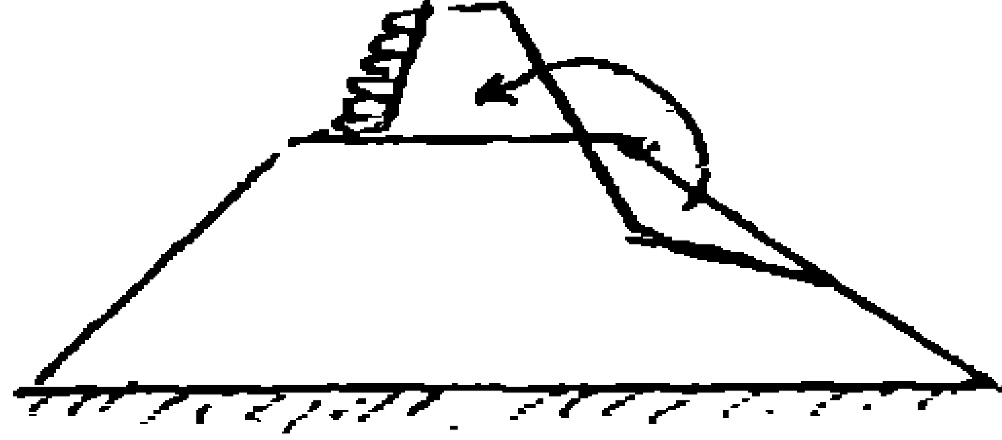
(أ)



(ب)



(د)



(جـ)

الشكل(7–2) معالجة طغيان المياه فوق السداد الترابية

2– الانهيار نتيجة التآكل بفعل موجات المياه ، ويعالج بأحد الطرق الآتية :

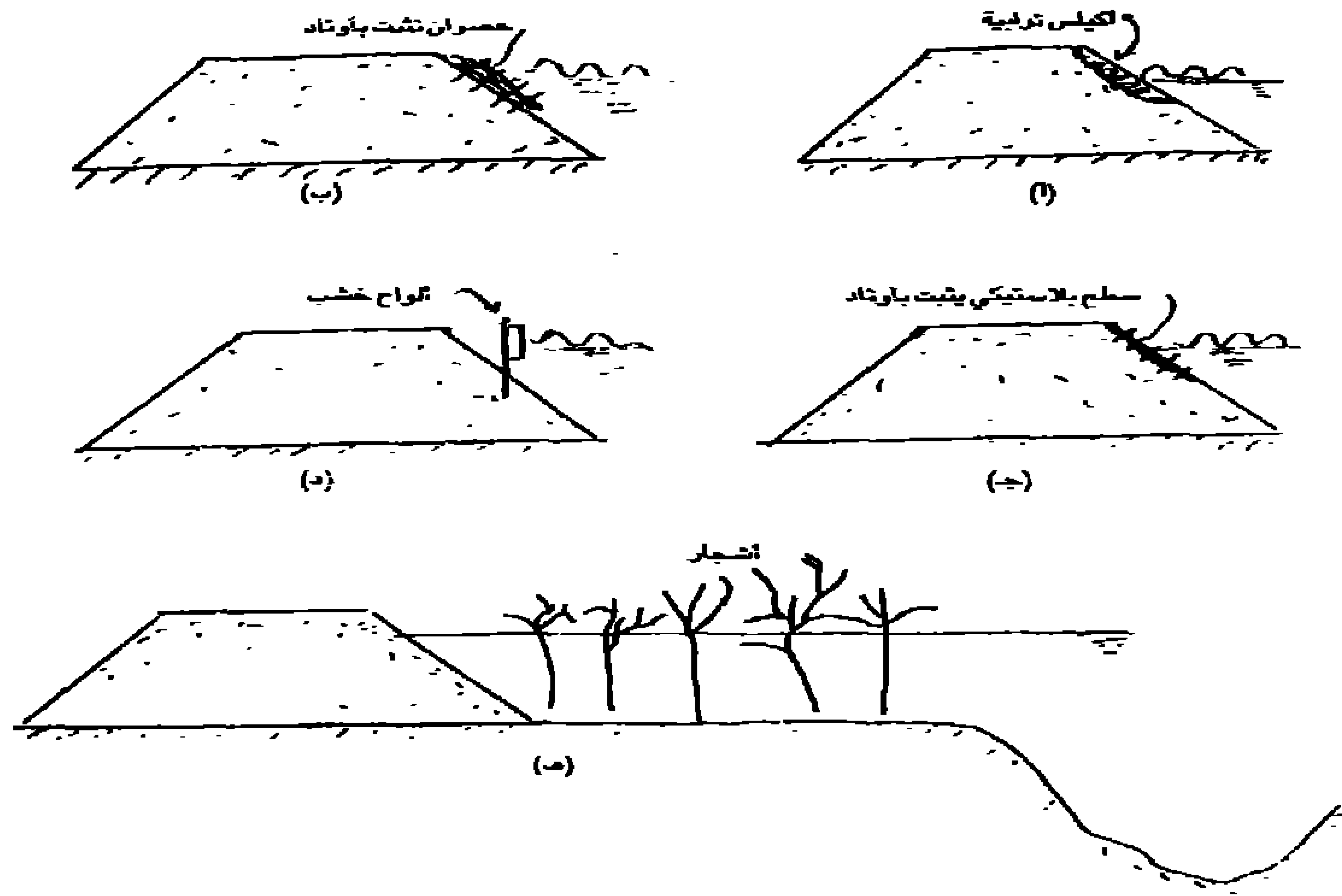
أ– وضع اكياس ترابية على الجانب المواجه للمياه في الجزء الذي يتعرض لضربات الموجات (الشكل 7-3–أ).

ب– وضع حصران او تكديس اغصان الشجر الصغيرة فوق بعضها وتغطى بشباك ناعمة تثبت بأوتاد على الجانب المواجه للمياه (الشكل 7-3–ب) .

ج– وضع مادة بلاستيكية على جانب السداد وتثبت بالاوتاد الشكل (7-3-ج)

د– الواح خشب تثبت بصورة عمودية على سطح الماء في جانب السداد المواجه للامواج (الشكل 7-3 – د) .

وبصورة عامة يمكن التقليل من اثر موجات المياه بزراعة اشجار صغيرة على شريط الارض المحصور بين السداد وجرف النهر مع تجنب زراعة الاشجار الكبيرة بمحاذاة السداد او على جوانبها . (الشكل 7-3 – هـ)



الشكل (7-3) حماية جانب السداد المواجه للموجات المائية.

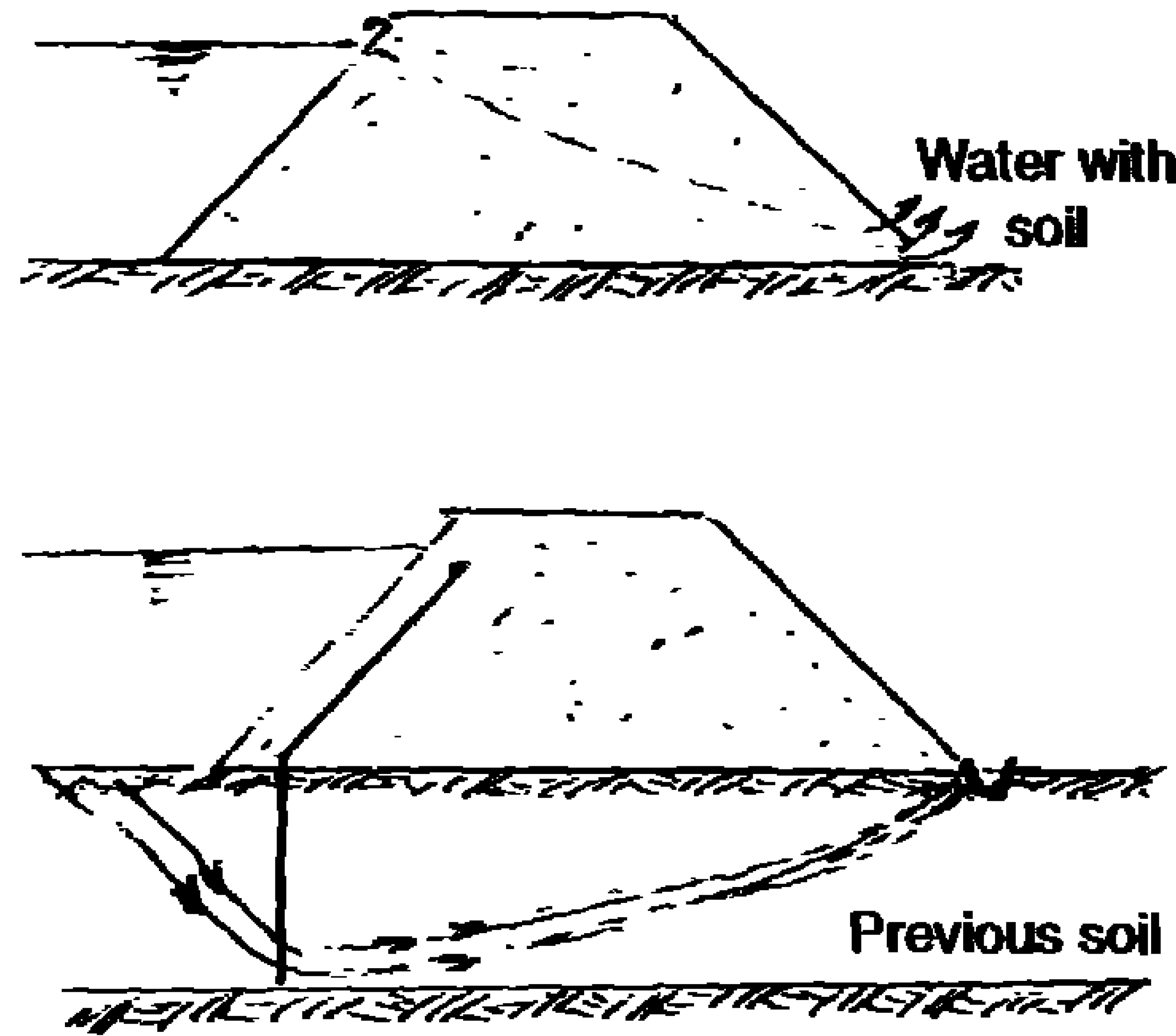
3- الانهيار بسبب رشح المياه بقوة وخروجه من مؤخر جانب السداد حاملاً دقائق التربة الى الخارج ويؤدي الى انزلاق جزء او كل جانب السداد المواجه لليابسة او انهيار السداد بكاملها. ويعالج ذلك بعدة طرق منها: (الشكل 7-4).

أ- وضع مادة غير نفاذة في جانب السداد المواجه للمياه وتنزل هذه الطبقة في الارض الطبيعية لعمق مناسب مما يقلل من طاقة الدفع للماء الراشح ويجعل وزن دقائق التربة أكبر من قوة دفع الماء .

2- تُعمل ساقية صغيرة على طول جانب السداد في ذنائبه لحمل المياه الراشحة.

3-توضع مواد ذات نفاذية عالية مؤخر السداد في الذنائب كالحصو والرمل تعمل على جذب المياه الراشحة اليها وتحول دون دفعها لدقائق التربة الصغيرة.

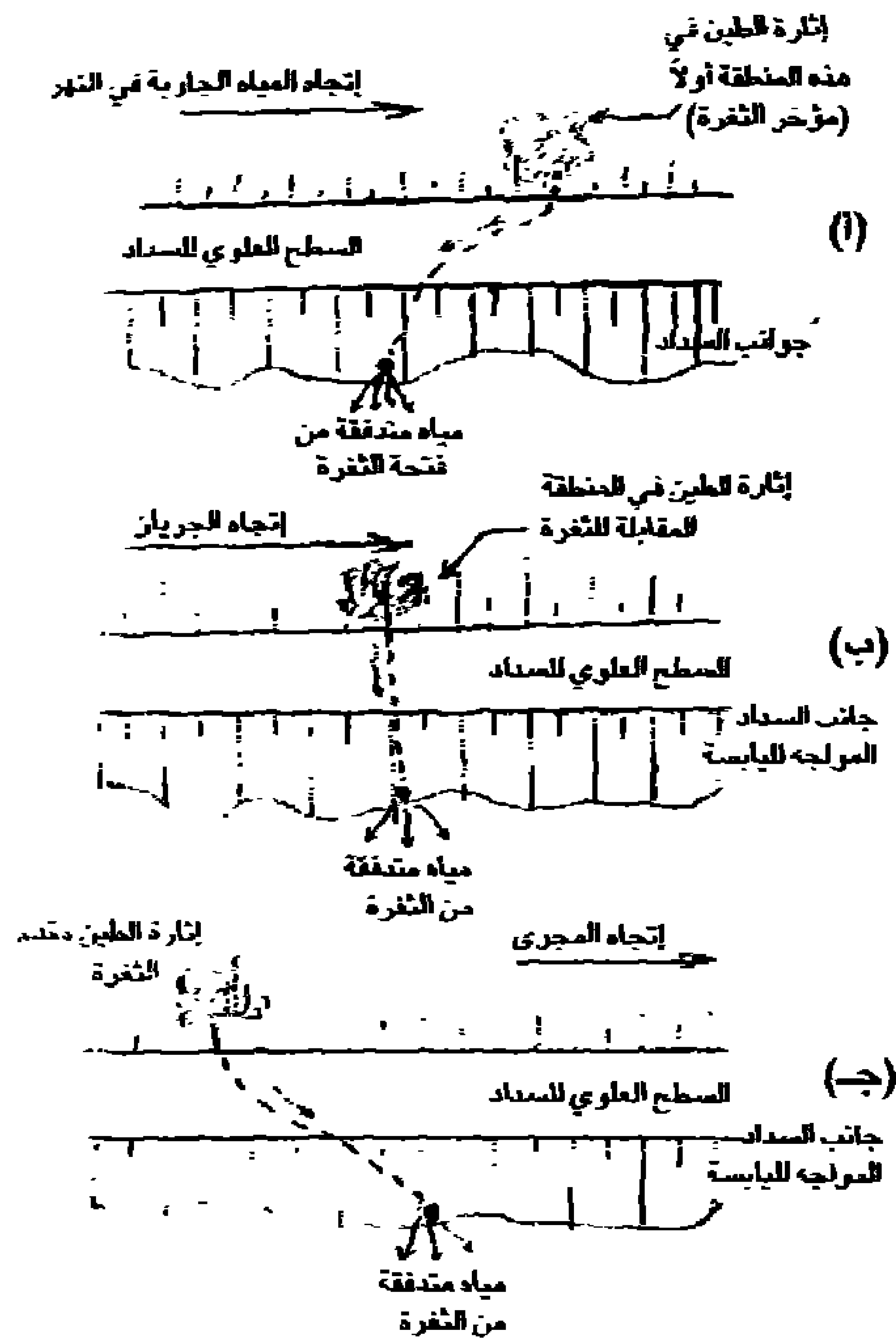
4- الانهيارات نتيجة حفر القوارض واوكار الحيوانات البرية. يجب معالجة مثل هذه الحالات قبل ارتفاع مناسيب المياه وذلك بفتحها كلياً وملئها بتربة جيدة وضغطها وحدلها والتأكد من مليء جميع الفراغات.



الشكل (7–4) معالجة الرشح في السداد

اما عند عدم معالجتها قبل ارتفاع مناسيب المياه فان ذلك يؤدي الى غمرها واختفائها وصعوبة العثور عليها وتنساب المياه من خلالها الى الجانب الآخر ضمن السداد وتأخذ بالتوسع بمرور الوقت حتى انهيار السداد. ومما يزيد في صعوبة سد تلك الثقوب هو ان مسارها خلال جسم السداد ليس عمودياً بالضرورة على مسار السداد اي ان مدخل الثقب لا يقابل مخرجه من الجانب الآخر المواجه لليابسة وقد يبعد عنه مسافة طويلة غير متوقعة.

ولغرض سد الثغور في مثل هذه الحالات يجب البحث عن فتحاتها في جانب السداد المواجه للمياه بحذر، لان البحث العشوائي يمكن ان يؤدي الى اختفائها وضياعها وتعذر غلقها. وان اسهل طريقة للعثور على الفتحات وبدون اضافة مواد ملونة للمياه لغرض معرفة الفتحة بعد خروج هذه المواد من الجهة الأخرى فقد لا تتوفر مثل هذه المواد في ساعتها كما انها ايضا ليست بطريقة فعالة، والطريقة هي اثارة الطين وخبط المياه في الجانب المواجه لها من السداد فعند خروج المياه العكرة الخابطة من مخرج الثغرة في الجهة الاخرى فان هذا يعني ان فتحة الثغرة تقع في مكان اثارة الطين ويجب ان تتبع الخطوات التالية اذا استعملت هذه الطريقة:–



أ- يتم اثارة الطين وخبط المياه مؤخر الثغرة (على اليمين في الشكل 7-5أ) والانتظار فترة تكفي لخروج المياه العكرة من مخرج الثغرة في جانب السداد المواجه لليابسة، فاذا خرجت المياه العكرة فهذا يعني ان موقع مدخل الثغرة يقع مؤخرها. اما اذا استمرت المياه صافية او قريبة من ذلك فهذا يعني ان مدخل الثغرة لا يقع في هذه المنطقة. ويجب ان تكون هذه الخطوة قبل غيرها لأن خبط المياه مقابل الثغرة او مقدمها لا يفيد في معرفة موقع مدخل الثغرة اذ ان المياه الجارية ستدفع المياه العكرة التي تحمل الطين الى امام الثغرة ومؤخرها ولا يمكن تحديد موقع خروجها هل هو من المقدم أو من امام الثغرة أو من مؤخرها وبذلك تضيع الفتحة ويصعب غلقها.

ب- يتم اثارة الطين في المنطقة المقابلة لمخرج المياه من الثغرة في الخطوة الثانية والانتظار قليلاً فاذا خرجت مياه عكرة تأكد ان مدخل الثغرة يقع امامها اي في الموقع المقابل لمخرجها واذا بقيت المياه صافية فهذا يعني ان مدخل الثغرة يقع مقدم مخرج الثغرة اي على يسارها. الشكل (7-5-ب).

حـ- للتأكد من صحة العمل وموقع مدخل الثغرة يتم اثارة المياه في مقدم الثغرة اي على يسارها (الشكل 7-5-حـ) فاذا خرجت المياه العكرة بعد فترة وهي ستخرج حتماً اذا كانت العملية صحيحة فان موقع مدخل الثغرة يقع مقدم

المخرج الذي تنفذ منه المياه. وبذلك يتم معرفة الموقع والمبادرة الى معالجته فوراً بغلقه بتربة جيدة وضغطها جيداً حتى تنقطع المياه من الخروج نهائياً.

ويفضل عندما يكون هناك متسع من الوقت غلق الثغرة ابتداءاً من الجانب المواجه لليابسة بازالة الاتربة التي فوق الفتحة بصورة عمودية والاستمرار بذلك حتى جانب مقدم السداد المواجه للمياه حيث تتم الازالة على قدر عرض الفتحة قدر الامكان ثم يملأ المجرى الضيق والعميق المتكون نتيجة الثغرة الاصلية ونتيجة الحفر والازالة الاخيرين تملأ بالتربة الجيدة وتدك وتضغط جيداً.

12-7 معالجة الكسرات الكبيرة في السداد الترابية

ان الكثير من الكسرات تحدث نتيجة لاوكار وحفر وممرات الحيوانات البرية والقوارض والحشرات وكذلك الانابيب الفارغة ضمن جسم السداد نتيجة لتفسخ الجذور الكبيرة الميتة للأشجار النامية قريباً من السداد. لأن الثغور في مثل هذه الحالات يصعب اكتشافها الا بعد فوات الاوان. عليه يجب تسيير دوريات مكثفة للمراقبة واكتشاف هذه الثغور عند بدايتها. كما يمكن معالجة او منع الحيوانات والقوارض من اتخاذ السداد مساكن لها وذلك بتكسية سطح وجوانب السداد بطبقة من الرمل تفرش فوقها طبقة من الحصو. ان اي حفر في هذه الطبقات سوف ينهدم مباشرة ويغلق وتسقط على جسم الحيوان وبذلك يتجنب الحفر ثانية.

عندما تكون هذه الفتحات او الانابيب كبيرة نسبياً فعند ارتفاع منسوب المياه مقدم السداد فان (سوّيره) او (دوامة) او دوارة صغيرة تشبه القمع تتكون في سطح الماء مباشرة فوق فتحة مدخل الثغرة. ومنها يمكن معرفة موقع الثغرة . عندما تكون الثغرات صغيرة لا ترى او من الصعب ملاحظة هذه السويرة على سطح الماء وفي هذه الحالة تتبع الخطوات المذكورة في الفقرة (7-11). ويمكن غلق الثقوب الصغيرة بعد اكتشاف موقعها بالقاء نشارة الخشب الناعمة او

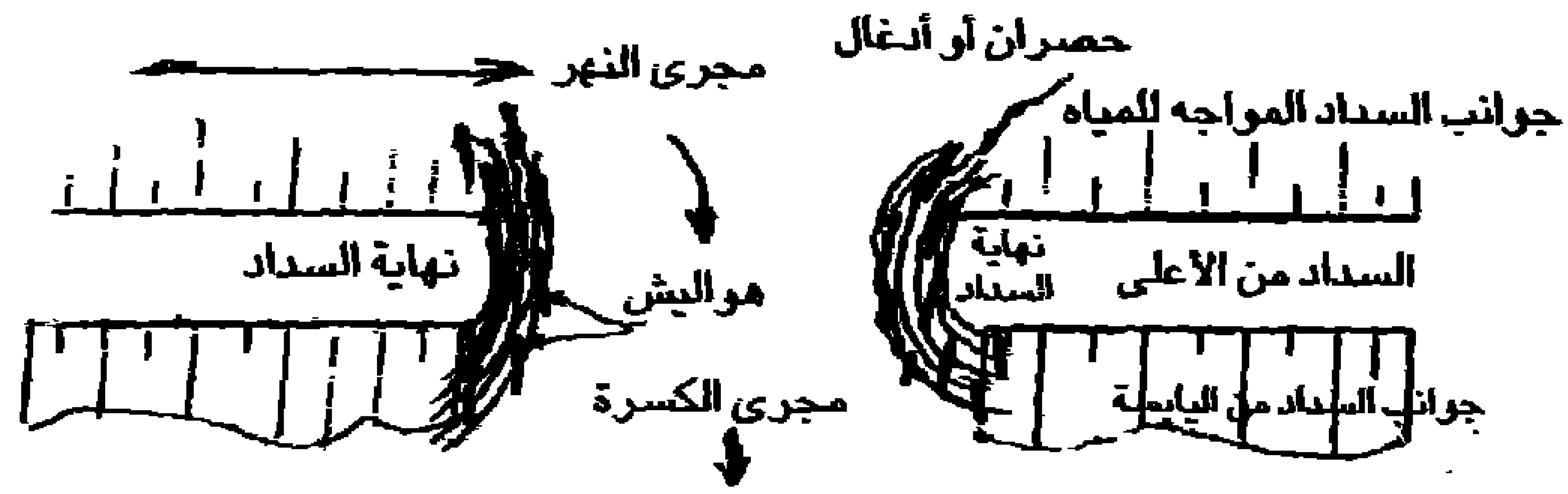
النخالة او سماد حيواني او غيرها من المواد المماثلة تلقى مباشرة امام الفتحة حيث سيجرفها الماء ويدخل الى مجرى الفتحة عبر السداد حيث تتجمع وتنتفخ بعد تشبعها بالماء وتغلق المجرى.

عند حدوث كسرة كبيرة في السداد الجانبية للانهار الكبيرة ويتعذر السيطرة عليها وغلقها بالطرق الاعتيادية عند ذلك تتبع الخطوات التالية:

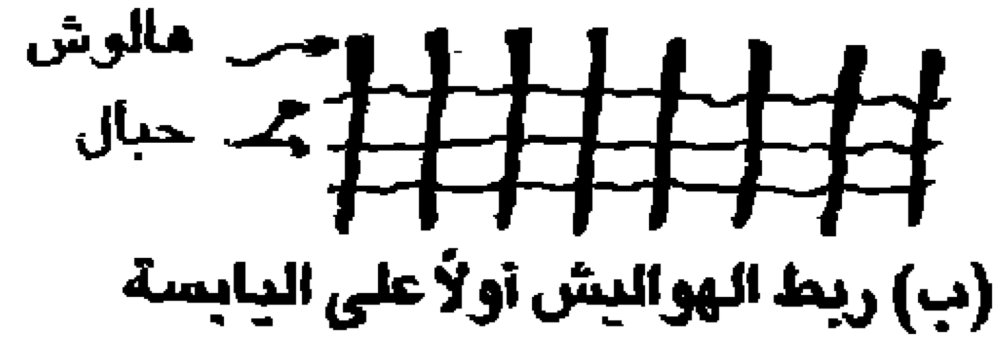
1- تقليل التصريف المار في النهر باحد الطرق المتيسرة كفتح القنوات القريبة من موقع الكسرة او بواسطة النواظم القاطعة على النهر او غير ذلك لتخفيف الضغط على موقع الكسرة (كما يمكن الاستفادة من المنافذ الواقعة مؤخر الكسرة لتقليل التصريف والضغط في الكسرة).

2- اتخاذ الاجراءات اللازمة التي تحول دون توسع الكسرة باي شكل. ويتم ذلك بحماية جوانب الكسرة (نهاية السداد من كل جانب من الكسرة) من التآكل والانهيار باحد الوسائل المتيسرة كالحصران واغصان الاشجار الصغيرة وتثبت على مقطع السداد في نهايتيها بواسطة الهواليش (الشكل 7-6- أ) ان هذا العمل يجب ان ينفذ ويتم باقصى سرعة .

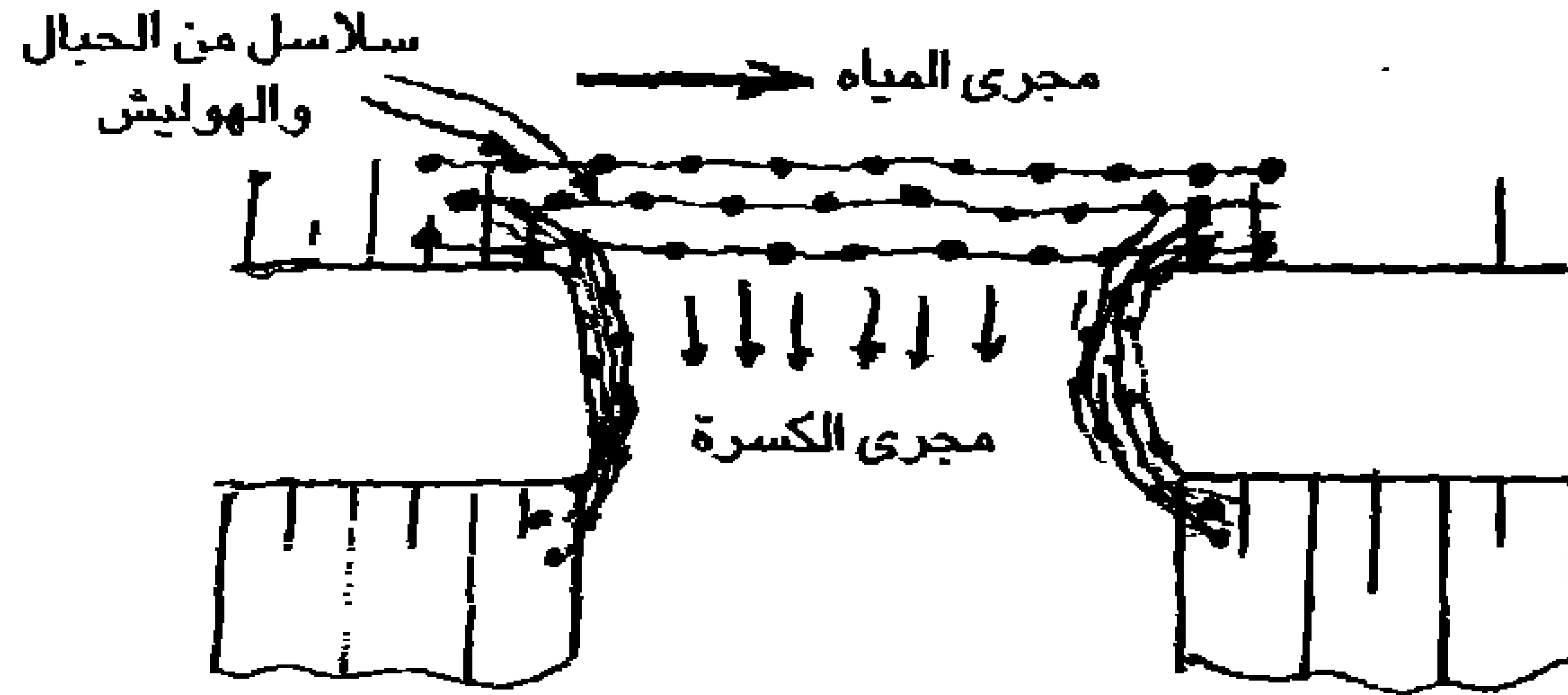
3- عندما يكون عرض الكسرة قليلاً وسرعة التيار فيها متوسطة يمكن العمل فيها بتنفيذ خطين او ثلاثة خطوط او اكثر من الهواليش التي يتم دقها جيداً بعمق لا يقل عن 50سم في التربة تمتد بين نهايتي السداد في جانبي الكسرة بصورة مستقيمة من نهاية الى أخرى وتربط الهواليش مع بعضها بالحبال ربطاً جيداً من منطقتين او أكثر على طول الهواليش ويفضل ان يتم ربط الهواليش على اليابسة اولاً (لاحظ الشكل 7-6-ب) ويجب ان يكون طول سلسلة الهواليش (طول الخط) يزيد على عرض الكسرة لضمان ابتعاد نهايتها عن نهايتي السداد (جانبي الكسرة) وتثبت في الجانب المواجه للمياه واذا تعذر ذلك نتيجة لسرعة التيار او لعمق المياه يمكن تثبيتها في الجانب الآخر (الشكل 7-6-جـ).



(أ) منع الكسرة من التوسع بوضع الحصران وتثبيتها بالهواليش عند النهايات



(ب) ربط الهواليش أولاً على اليابسة



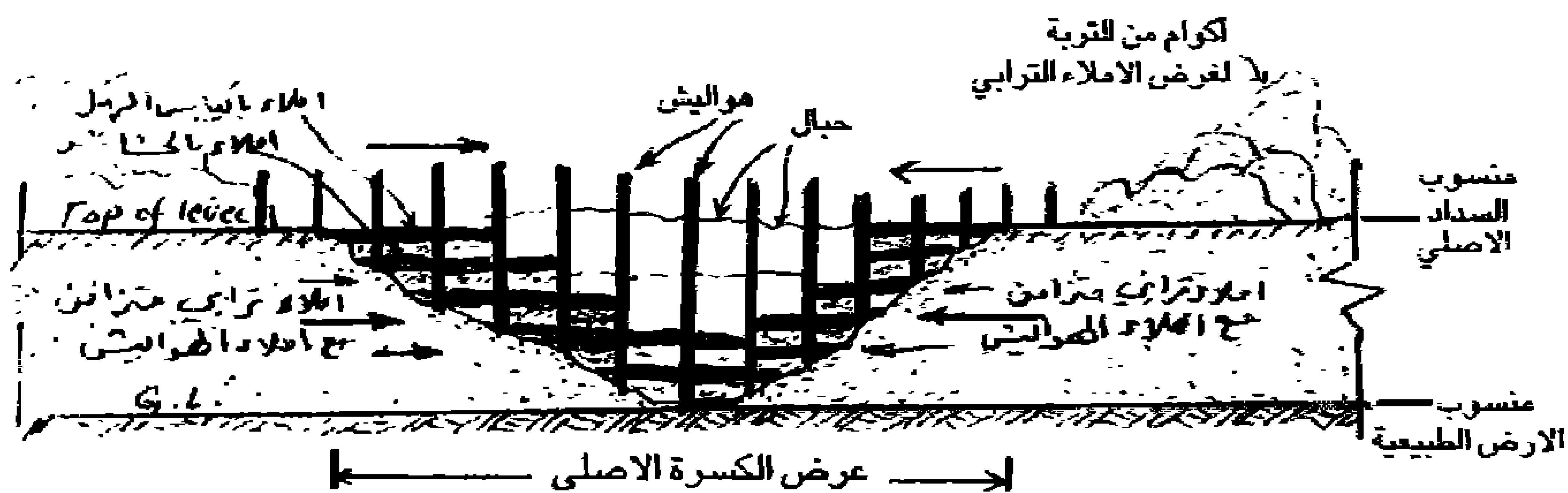
(جـ) دق الهواليش وهي مربوطة في قاع النهر في الجانب المواجه للمياه من السداد

الشكل (7-6) معالجة الكسرة الكبيرة بمراحل

4- تملأ المسافات بين سلاسل الاوتار بالادغال والحشائش واعضان الشجر الصغيرة وتضغط جيداً بالقاء اكياس من الرمل فوقها وتدك بالارجل والمشي فوقها وهكذا يتم عمل طبقات متناوبة من الادغال والاغصان ثم من اكياس الرمل وهكذا صعوداً حتى الوصول الى المنسوب المطلوب. يبدأ العمل والمباشرة ابتداءاً من نهايتي السداد حتى يلتقيا. ويجب ان يكون الاملاء الترابي لكامل مقطع السداد متزامناً مع الاملاء بالحشائش واكياس الرمل لتجنب انهيار وجرف السلاسل مع اكياس الرمل بقوة دفع المياه.

5- عند اكمال عملية دق سلاسل الهواليش على كامل مقطع الكسرة، تملأ المسافات البينية القريبة من نهايتي السداد بالحشائش واكياس الرمل وترفع

الحصران والهواليش التي تم تثبيتها أولاً لغرض منع التوسع في الكسرة ثم ترفع جميعها لعدم الحاجة اليها في هذه المرحلة ولتجنب طمسها في الاملاءات الترابية المتزامنة مع املاءات الهواليش. اذ ان عدم رفعها وبقاءها في جسم السداد الجديد سيوفر للمياه مجاري مناسبة خلال مقطع السداد قد تتوسع وتؤدي الى الانهيار من جديد خصوصا بعد تفسخها.



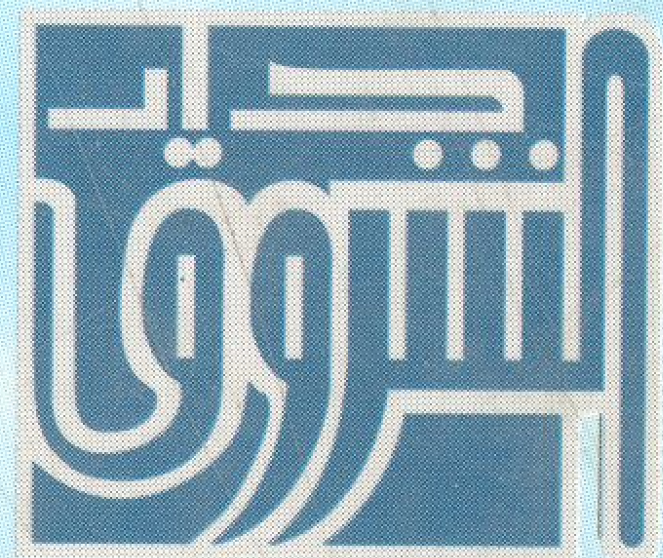
الشكل (7-7) مقطع عرضي لكسرة اثناء عملية غلقها

6- بعد اكمال عملية الاملاء بالحشائش والاغصان واكياس الرمل بين سلاسل الهواليش وعملية الاملاء الترابي لجسم السداد خلال مقطع الكسرة والمتزامنين معاً عندها يتم حدل الجزء الجديد من السداد جيداً وزيادة مقطعه لانه لا يزال متكوناً من تربة غير مستقرة (الشكل 7-7).

7- في الانهار الكبيرة عند حدوث كسرات في السداد الجانبية فانها عادة ما تكون كبيرة المقطع ويصعب السيطرة عليها او العمل في مقطع الكسرة مباشرة لقوة التيار وسرعته الشديدة كما ان تثبيت سلاسل الهواليس على هيئة خطوط مستقيمة غير ممكن في هذه الحالة، لذا يتوجب تثبيت هذه السلاسل على شكل نصف دائرة في جانب المياه اذا كانت المياه ضحلة او في جانب اليابسة وتتبع نفس الخطوات السابقة لغلق الكسرة.

8- اذا امكن تأجيل عملية الاملاء الترابي لحين اكمال املاء سلاسل الهواليش بالحشائش والاغصان واكياس الرمل فان ذلك يفضل كثيراً لتخفيض منسوب الجريان في مقطع الكسرة الى اقل ما يمكن او قطعه نهائياً ليكون الاملاء الترابي حينئذ غير مشبع بالمياه حيث تكون درجة استقراره جيدة بعكس ما لو كان الاملاء الترابي مع وجود المياه حيث تتكون سداد بلاستيكية مطاطية ضعيفة القوام.

الناشر



دار الشروق للنشر والتوزيع - عمان
هاتف ٤٦١٨١٩٠ - ٤٦٢٤٣٢١ فاكس ٤٦١٠٠٦٥
دار الشروق للنشر والتوزيع - رام الله
تلفاكس ٢٩٨٧٠٣٢ رام الله

ISBN 9957 - 00 - 006 - 3 (ردمك)